DIE ROHSTOFFE DES PFLANZENREICHES

VON

DR. JULIUS VON WIESNER

I. BAND

ALKALOIDE BIS HEFEN

VIERTE AUFLAGE

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/dierohstoffedesp0000juli

BOOKS

CAB INTERNATIONAL
MYCOLOGICAL INSTITUTE
LIBRARY
IMI \ Books / WIE

IMPERIAL MYCOLOGICAL
11 JUNE 1937
INSTITUTE

JULIUS VON WIESNER

DIE ROHSTOFFE DES PFLANZENREICHS

VIERTE AUFLAGE

UNTER MITWIRKUNG VON

F. BOAS · K. BOURNOT · E. GILG · W. FIGDOR · R. HOFMANN
O. KALLMANN · E. KONSTANTY · W. KRÜGER · H. MELCHIOR
J. MESSNER · F. SCHNEIDER · P. N. SCHÜRHOFF · J. WEESE
H. WOLFF · S. ZEISEL · A. ZIMMERMANN

HERAUSGEGEBEN VON

PAUL KRAIS UND WILHELM VON BREHMER
DRESDEN BERLIN-DAHLEM

I. BAND

ALKALOIDE BIS HEFEN

MIT 307 TEXTABBILDUNGEN

1927

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

Druck von J. B. Hirschfeld (Arno Pries) in Leipzig

Vorwort der Herausgeber.

Die drei ersten Auflagen von Julius von Wiesners »Rohstoffe des Pflanzenreichs« bestanden, dem ursprünglich gefaßten Grundplan des genialen Forschers getreu, aus einer Reihe von mehr oder weniger lose aneinandergereihten Monographien. Hierbei war der leitende Gedanke gewesen, die Gliederung der pflanzlichen Rohstoffe nicht nach ihren Verwendungsarten, sondern nach ihrem Herkommen aus bestimmten Pflanzenteilen, wie Wurzeln, Blättern, Blüten und Früchten zusammenzustellen. So entstand eine mit jeder neuen Auflage immer reicher, zugleich aber auch immer verwickelter werdende, einzigartige Fundgrube warenkundlichen Wissens im weitesten Sinn. Die zahlreichen Mitarbeiter Wiesners halfen ihm treulich, auf den verschiedenen Gebieten alles Neue und Wichtige zusammenzutragen und so wurde der »Wiesner« ein in der ganzen Welt bekanntes und von allen Fachleuten wissenschaftlicher wie technischer Richtung hochgeschätztes Standardwerk.

Wie schwierig es war, bei der immer größer werdenden Fülle der technisch verwandten und verwendbaren pflanzlichen Rohstoffe am ursprünglichen Einteilungsprinzip festzuhalten, zeigt die in den Jahren 1914—1921 erschienene 3. Auflage des Werkes in drei Bänden, deren jeder ein besonderes Sachregister hat, so daß die Register allein zusammen den Raum von 145 Druckseiten einnehmen. Dazu kamen die fast unüberwindlichen Erschwerungen durch die Zeit des Weltkriegs.

Als nun vor etwa zwei Jahren die 3. Auflage ihrem Ende zuging, war Wiesner gestorben und es handelte sich darum, die Herausgabe des Werks in neue Hände zu legen.

Wenn wir diese Aufgabe übernommen haben, so waren wir uns ihrer Schwierigkeit wohl bewußt und konnten nur dadurch hoffen, sie befriedigend zu lösen, daß der eine von uns auf dem Gebiet der Warenkunde, der andere auf dem der Botanik erfahren ist. Man sieht auch hier wieder, daß das, was früher von einem beherrscht werden konnte, heute so vielseitig und weitschichtig geworden ist, daß einer allein es nicht mehr leisten kann.

Von vornherein aber sind wir uns darüber klar gewesen, daß die alte, für den heutigen Stand des Wissens zu umständlich gewordene Gliederung nicht beibehalten werden konnte, sondern daß die neue vierte Auflage den Bedürfnissen unserer vielbeschäftigten Gegenwart angepaßt werden mußte. Wir wählten daher die Einteilung nach Rohstoffgruppen und ordneten diese in alphabetischer Reihenfolge. Diese Möglichkeit der Einteilung hat ja auch Wiesner in seiner Einleitung (3. Auflage S. 28) besprochen, dann aber doch wegen vieler »Unzukömmlichkeiten«, die er voraussah, abgewiesen. Er fürchtete hauptsächlich, daß zahlreiche Rohstoffe mehreren Gruppen einzuverleiben gewesen wären. Die Erfahrung bei der vorliegenden Auflage hat uns gezeigt, daß diese Befürchtung nicht zutrifft, sondern daß sich gerade bei der Einteilung in Rohstoffgruppen eine Doppelbehandlung in den meisten Fällen durch Verweisungen erledigen läßt.

Es ist selbstverständlich, daß wir nach Möglichkeit darauf bedacht waren, die Mitarbeiter der dritten Auflage auch für die vierte zu gewinnen. Dies ist auch gelungen, soweit sie nicht durch den Tod, durch zu hohes Alter oder wegen Wechsels

ihrer Forschungsgebiete wegfielen oder absagten. Von den 15 Mitarbeitern der dritten sind leider nur drei bei der vierten übriggeblieben, während 14 neue gewonnen wurden.

Es handelte sich nun zunächst darum, welche Rohstoffgruppen man überhaupt als »technische« bezeichnen sollte. Das Werk soll ja weder eine Pharmakognosie noch ein Handbuch der Nahrungs- und Genußmittel sein; andererseits sind aber viele Teile gerade dieser Gebiete in den letzten Jahrzehnten so stark in industrielle Bearbeitung übergegangen, daß es nicht angezeigt schien, die Grenzen zu eng zu ziehen, und so kommt es, daß Gruppen, wie Alkaloide, Enzyme, Saponine, Vitamine wenigstens in kurzen Übersichten mit einbezogen werden mußten, um ein möglichst vollständiges Bild der technischen Rohstoffe zu geben. Wir hoffen nun, daß es dank dem bereitwilligen Eingehen aller Herren Mitarbeiter auf unsern Plan gelungen ist, ein übersichtliches, für den wissenschaftlich wie für den technisch gerichteten Fachmann leicht benutzbares Handbuch und Nachschlagewerk geschaffen und damit die ebenso schwere wie reizvolle Aufgabe gelöst zu haben, dem »Wiesner« das Fortleben zu sichern.

Dresden und Dahlem,
im Januar 1927.

Paul Krais. Wilhelm von Brehmer.

Inhaltsverzeichnis des I. Bandes.

	Seite
Einleitung von J. Wiesner; bearbeitet von P. Krais und W. v. Brehmer	1
Alkaloide von F. Boas	28
Ätherische Öle und Kampfer von K. Bournot; botanischer Teil von E. Gilg und P. N. Schürhoff	60
Bitterstoffe von J. Messner	110
Eiweißstoffe von F. Boas	190
Enzyme von F. Boas	199
Farbstoffe von R. Hofmann; botanischer Teil von E. Gilg und P. N. Schürhoff	211
Fasern und Baste von J. Weese; chemischer Teil von S. Zeisel	390
Fette und Öle von H. Wolff unter Mitarbeit von A. Müller	705
Gerbstoffe bearbeitet von W. v. Brehmer; chemischer Teil von E. Konstanty	810
Gallen von W. Figdor	946
Gummiarten von W. v. Brehmer; chemischer Teil von S. Zeisel	965
Harze und Balsame von H. Wolff	1023
Hefen von F. Boas	1108

Einleitung.

(Nach der Einleitung J. von Wiesners zur 3. Auflage dieses Werkes bearbeitet von P. Krais und W. von Brehmer.)

Wissen allein ist nicht Zweck des Menschen auf der Erde ..... Das Wissen muß sich im Leben auch betätigen. Helmholtz.

I. Der Begriff des pflanzlichen Rohstoffs.

Die Zahl der mineralischen und organischen Rohstoffe, die in der chemischen und mechanischen Industrie Verwendung finden, ist außerordentlich groß geworden. Eine möglichst genaue Kenntnis dieser höchst mannigfaltigen Körper bildet die Grundlage einer wissenschaftlichen Technologie.

Das vorliegende Werk ist in erster Linie den technisch angewandten Rohstoffen des Pflanzenreiches gewidmet, die an Mannigfaltigkeit, an Masse, gewiß aber auch in Beziehung auf Verschiedenartigkeit der Verwendung die industriell verwerteten Erzeugnisse des Tierreiches weit überragen.

Nur verhältnismäßig wenige Rohstoffe des Pflanzenreiches werden gleich im frischen, lebenden Zustande gewerblich verarbeitet, wie die Runkelrübe und das Zuckerrohr in der Zuckerfabrikation, die Kartoffel und andere stärkeführende Knollen in der Stärkefabrikation, die Olive und die Früchte der Ölpalme in der Öl- und Fetterzeugung. Einige wenige Rohstoffe, wie z. B. die käuflichen Alkoholhefen, bestehen aus unverletzten lebenden Organismen, ja ihre Verwendung beruht gerade auf Vorgängen, die ihr Leben begleiten; ihre technische Nutzung ist also darin begründet, daß sie lebende Organismen sind.

Die überwiegende Mehrzahl der von der Industrie verarbeiteten Rohstoffe des Pflanzenreiches besteht aus unwesentlich veränderten abgestorbenen Pflanzenteilen, wie Wurzeln, Rhizomen, Knollen (Stamm- und Wurzelknollen), Holz, Rinde, Blättern, Blüten, Früchten, Samen usw., die für die Zwecke leichterer Aufbewahrung und Versendung getrocknet und, wenn es die Verwendung zuläßt, zerkleinert werden. Der Wassergehalt solcher Rohstoffe ist stets geringer, als dem Lebendgewicht der betreffenden Pflanzenteile entspricht, und gewöhnlich nur von der Hygroskopizität der betreffenden organischen Substanzen abhängig.

Man zählt zu den Rohstoffen aber auch bestimmte Erzeugnisse des Pflanzenreiches, die nicht als wesentliche Teile der Pflanzen (Organe, Gewebe, Zellen, Zellinhaltsstoffe) angesehen werden können, wie z. B. die aus den Stämmen vieler Holzpflanzen heraussickernden, flüssig oder halbflüssig bleibenden Balsame oder die zu Gummi, Harzen, Gummiharzen usw. erstarrten Substanzen, welche durch einfache Aufsammlungen schon in den Zustand kommen, in welchem sie im Handel erscheinen und deshalb mit Recht als Sammelprodukte angesprochen werden.

Ohne allen Zwang kann man auch die durch mechanische Verletzungen von Pflanzen oder Pflanzenteilen gewonnenen Erzeugnisse des Pflanzenreiches den Rohstoffen beizählen, wie den Kautschuk, der aus einem durch Anschnitt der betreffenden Pflanzenteile in großen Mengen austretenden Milchsaft durch Eintrocknung entsteht. In dieselbe Kategorie von Rohstoffen gehören die meisten Balsame, viele Harze (z. B. das durch künstliche »Harzung« erzeugte Harz der Fichten, Föhren und anderer Koniferen) und viele Gummiharze (z. B. Gummigutt, Asa foetida usw.).

Es ist auch ein wohl zu rechtfertigender Gebrauch, manche durch etwas kompliziertere, im Ganzen aber doch immer noch rohe Gewinnungsmethoden erhaltene Pflanzenstoffe als Rohwaren aufzufassen, wie z. B. das Katechu, das durch Auskochen des Holzes der *Acacia catechu* und Eindampfen des so erhaltenen Extraktes gewonnen wird, den Gambir, der nach einem analogen Verfahren aus den Blättern und jungen Zweigen der *Uncaria gambir* erzeugt wird; ebenso die durch einfaches Auspressen oder Ausschmelzen aus Sa-

men und Früchten erhaltenen pflanzlichen Fette, das durch Ausschmelzen sehr verschiedener Pflanzenteile erhaltene Pflanzenwachs usw.

Wenn man bei der Begriffsbestimmung des »Rohstoffes« die Grenze selbst so eng zieht, als es in den vorangegangenen Zeilen geschehen ist, so stößt man doch schon auf eine nicht geringe Schwierigkeit, indem man nicht nur Sammelprodukte, sondern auch nach mehr oder weniger komplizierten Erzeugungsarten dargestellte Stoffe in die gleiche Kategorie bringt. Was ist, so darf man fragen, noch Rohstoff und was ist bereits Fabrikat? Wenn wir Katechu, Gambir, Aloë und dergleichen, wie es ja allgemein geschieht, als Rohstoff betrachten, so haben wir ja doch auch den Indigo in dieselbe Kategorie zu stellen, obwohl die Verfahren zu seiner Darstellung vielfach durch neue rationell verfeinerte ersetzt worden sind. Und die Guttapercha bliebe nach üblicher Auffassung Rohstoff, wenn auch ein fabrikmäßig durchgeführtes Extraktionsverfahren an die Stelle der alten rohen Gewinnungsart getreten wäre. Freilich wird in diesen Fällen das Interesse des Technologen an dem Prozeß der Darstellung dieser beiden Körper wachgerufen sein, und beide Stoffe gehören dann sowohl vor das Forum der Rohstofflehre als vor das der Technologie.

Nicht geringere Schwierigkeiten bei einer Formulierung des Begriffes »Rohstoff« würden sich ergeben, wenn man unter »Rohstoff« ohne Rücksicht auf die Gewinnungsweise alle Körper verstehen wollte, die der Industrie und den Gewerben dienen, sei es als Hilfsstoffe, sei es als Rohmaterialien, die aber nicht direkte Gebrauchskörper sind, wie etwa der Holzstoff der Papierfabrikation oder unversponnene Pflanzenfasern.

Es häufen sich also die Schwierigkeiten, wenn man zu einer genauen Begriffsbestimmung dessen, was als »Rohstoff« aufzufassen ist, gelangen will. Nun kann es aber nicht so sehr darauf ankommen, eine scharf ausgearbeitete, stets zutreffende Definition des »Rohstoffes« zu konstruieren, als vielmehr alles das, was die Praxis als Rohstoff zusammenfaßt, nach technischer Richtung zweckentsprechend und in wissenschaftlicher Weise zu bearbeiten, ohne in Doktrinarismus zu verfallen. Indem man diesen Standpunkt wählt, tut man gut, sich darüber klar zu werden, daß »Rohstoff« ein wandelbarer, konventioneller Begriff ist, daß zum Nutzen der technischen Wissenschaften die Grenzen der Rohstofflehre nur nach praktischem Bedürfnis bestimmt werden dürfen, ferner nach der ihr naturgemäß innewohnenden Betrachtungsweise des Stoffs und endlich nach den Untersuchungsmethoden, die in ihren besonderen Bereich gehören. In seinem »Handbuch der Pharmakognosie« sagt Alexander Tschirch (Leipzig, 1909, Bd. I, S. 16): »Da im jetzigen Sprachgebrauch das Wort Droge für alle Rohstoffe mit Ausnahme der mineralischen angewendet wird — und zwar für trockene, im Gegensatz zu frischen Pflanzen und Tieren — so empfiehlt es sich, die technischen Rohstoffe als technische Drogen von den arzneilichen Rohstoffen, den Arzneidrogen abzutrennen.« Aber unter Droge wird seit alter Zeit bis auf den heutigen Tag gewöhnlich die Arzneidroge verstanden, während die Technologie den Ausdruck Droge nicht gebraucht, vielmehr in Anlehnung an die Praxis von »Rohstoff« spricht. Welche Mängel dem Begriffe Rohstoff anhaften, ist oben genügend betont worden, der Ausdruck genügt aber in der Regel und leidet nicht an der Fessel des Begriffes »Droge«, der nur trockene Objekte umschließt, während man z. B. die Runkelrübe als Rohstoff (der Zuckerfabrikation) bezeichnen darf. Die von Tschirch vorgeschlagene Neuerung bietet keinen Vorteil, ja würde nur Befremden hervorrufen, wenn beispielsweise die Baumwolle als Droge angesprochen würde.

Die nachfolgenden Erörterungen werden über diese einzelnen Punkte nähere Aufklärungen bringen, hier sei nur kurz hervorgehoben, daß in der Rohstofflehre vor allem die naturhistorischen Untersuchungsmethoden und überhaupt die naturhistorische Betrachtungsweise in den Vordergrund treten. Aber auch diese Untersuchungsmethode und diese Betrachtungsweise soll keine Scheidewand zwischen der Rohstofflehre und der Technologie im engeren Sinn bilden; im Gegenteil: wo die naturhistorische Methode die

Unterscheidungsmerkmale für technisch erzeugte Gebrauchsobjekte darbietet, wie z. B. bei den Fasern der Gespinste und Gewebe und in zahlreichen anderen Fällen, wird es für den Fortschritt der technischen Wissenschaften nur von Vorteil sein, wenn die Rohstofflehre in das Gebiet der Technologie hinübergreift.

Die technischen Disziplinen bilden wie die reinen Wissenschaften, ja mit diesen ein lebendiges Ganzes; eine scharfe Abgrenzung der Wissenszweige wäre ihrer Weiterentwicklung durchaus nicht förderlich. Denn die Fortschritte der Wissenschaften und der Technik bringen die einzelnen theoretischen und praktischen Disziplinen einander näher und führen zu gegenseitiger Stärkung und Neubelebung. Und so soll auch die technische Rohstofflehre den Kontakt mit anderen Disziplinen, namentlich mit der Technologie, eher suchen als vermeiden. Bietet sie ja doch selbst, wie ihre ältere Schwester, die Pharmakognosie, das Bild einer harmonischen, auf ein praktisches Ziel gerichteten Vereinigung sehr heterogener Kenntnisse und Erkenntnisse dar.

II. Die Aufgabe der pflanzlichen Rohstofflehre.

Nach dieser kurzen Orientierung über das, was als pflanzlicher Rohstoff anzusehen ist, soll versucht werden, die Aufgabe darzulegen, die einer wissenschaftlich begründeten Lehre von den technisch angewandten Rohstoffen des Pflanzenreiches zufällt.

Die Rohstofflehre kann sich begreiflicherweise keine andere Aufgabe stellen, als die praktischen Erfahrungen oder theoretischen Erwägungen zufolge nutzbaren Rohstoffe möglichst genau erkennen und unterscheiden zu lehren, ihre Herkunft zu ermitteln und ihre Eigenschaften mit tunlichster Rücksichtnahme auf ihre Verwendung darzulegen. Die Rohstofflehre bildet, so aufgefaßt, nicht etwa bloß eine dem Kaufmann zur Belehrung dienende »allgemeine Warenkunde«, vielmehr gestaltet sie sich zu einem Zweig der Technologie im weiteren Sinne des Wortes.

Bei der außerordentlich großen Menge von nutzbaren Pflanzenstoffen, die man bereits kennt, erscheint es gewiß berechtigt, ja zweckmäßig, diese wohl im Auge zu behalten, wenn auch das augenblickliche Bedürfnis nicht nach allen diesen Schätzen greift. Man darf nämlich nicht vergessen, daß die Auffindung dieser Körper das Resultat mehrtausendjähriger Erfahrung ist, an der alle Völker der Erde Anteil haben, und daß gerade durch den Spürsinn unzivilisierter Völker die bedeutungsvollsten Entdeckungen in Beziehung auf die Auffindung von Rohstoffen zutage gefördert wurden. Es ist — des Tier- und Mineralreiches nicht zu gedenken — das Pflanzenreich in einer so tiefgehenden Weise auf seine Nutzbarkeit durchgeprüft, daß der Forschung zur Auffindung neuer nutzbarer Rohstoffe kein allzu großer Spielraum mehr gegönnt ist. Wir glauben also, daß sich die Wissenschaft den Gewerben hauptsächlich durch genaue, dem Fortschritt der Wissenschaft angepaßte, Prüfung der v o r h a n d e n e n Rohstoffe noch weiter nützlich machen kann. Doch darf auch nicht übersehen werden, daß die Fortschritte der Industrie von Zeit zu Zeit ganz neue Forderungen an das Pflanzenreich für die Gewinnung neuer Rohstoffe stellen und dann gilt es, über die alten, wenn auch noch so reichen Erfahrungen hinaus, nach neuen Rohstoffen oder Rohstoffquellen zu fahnden. Ein schlagendes Beispiel bildet der Kautschuk. Vor einem Jahrhundert nur zum Auswischen von Bleistiftlinien benutzt und nur tastend zu wasserdichten Verschlüssen, zu Gummiröhren für chemische Apparate und dergleichen unbedeutenden Gebrauchsgegenständen verwandt, ist er heute als Kautschuk, als vulkanisierter Kautschuk, Hartgummi usw., zu einem der wichtigsten Industrieobjekte geworden. Die Nachfrage nach dem Rohmaterial ist enorm geworden und nicht nur das ganze Pflanzenreich, insbesondere in den tropischen und subtropischen Gebieten, wird in der energischsten Weise auf kautschukliefernde Gewächse durchsucht, sondern die Akklimatisation der kautschukliefernden Pflanzen wird im größten Maßstab in den Kolonien der warmen Länder betrieben. Hunderte von Pflanzenarten, die man früher unbeachtet ließ, werden heute in die Kautschukgewinnung einbezogen.

Die Mittel zur Lösung der oben kurz

geschilderten Aufgabe der Rohstofflehre des Pflanzenreiches sind keine geringen. Vor allem ist es notwendig, die Abstammung des Rohstoffes zu erforschen, also die Pflanze zu ermitteln, die diesen oder jenen Rohstoff liefert. Um Irrungen vorzubeugen, ist diese Kenntnis zum mindesten für den Forscher, also für den nötig, der eine exakte Charakteristik eines Rohstoffes entwerfen will. Um nämlich mit Genauigkeit die unterscheidenden Merkmale der oft stark zerkleinerten oder anderweitig veränderten Rohstoffe feststellen zu können, ist es häufig nötig, auf die Stammpflanze zurückzugreifen. Durch das Studium der Morphologie der wohlerhaltenen Stammpflanze wird es ermöglicht, den Pflanzenteil, das Organ, das einen bestimmten Rohstoff liefert, zu ermitteln, und die Bestandteile der Organe oder Gewebe, die an seiner Zusammensetzung Anteil nehmen, mit größerer Sicherheit und Vollständigkeit festzustellen, als dies am Rohstoff selbst möglich ist. Aber es wird wohl auch zugegeben werden, daß die Fixierung eines bestimmten Rohstoffes durch die Zurückführung auf die Stammpflanze die Sicherheit der Charakteristik nur vergrößert, indem durch den Nachweis der Identität eines bestimmten Rohstoffes mit einem bestimmten Organ, Organteil, Gewebe usw. der Stammpflanze die genaueste Ermittlung der wahren Natur eines fraglichen Rohstoffs erfolgt. Nehmen wir an, es wäre der Beweis zu liefern, ob eine bestimmte Faser Sunn ist oder nicht. Wäre nun eine Charakteristik dieser Spinnfaser noch nicht vorhanden, oder zöge man die Sicherheit der etwa hierüber bekannt gewordenen Unterscheidungsmerkmale in Zweifel, so bliebe wohl nichts anderes übrig, als einen Vergleich der zu prüfenden Pflanzenfaser mit dem Baste der lange bekannten Stammpflanze des Sunns, *Crotalaria juncea,* vorzunehmen. Ergäbe sich nun eine völlige Gleichheit in der morphologischen Zusammensetzung und im mikrochemischen Verhalten beider Objekte, so wäre hiermit wohl auch der denkbar sicherste Nachweis geliefert, daß die betreffende Faser wirklich Sunn ist.

Aber nicht nur die Kenntnis der botanischen, sondern auch der geographischen Herkunft der vegetabilischen Rohstoffe ist zu berücksichtigen, da es für den Technologen doch von Wichtigkeit sein muß, die Bezugsquellen der von ihm verarbeiteten Materialien zu kennen. Die floristische und pflanzengeographische Literatur bietet insofern die der Rohstofflehre dienlichen Daten, als sie sehr umfassende Beobachtungen über die Verbreitung der Nutzpflanzen enthält. Aber damit ist nicht alles getan. Denn die Rohstoffe werden nicht überall dort gewonnen, wo dies möglich wäre; auch eignen sich die Nutzgewächse nicht überall zur Ausbeutung. Wie außerordentlich verbreitet ist zum Beispiel die Kokospalme in den Tropenländern und dennoch liefern nur einzelne Gebiete Indiens und einige der umliegenden Inseln eine wirklich brauchbare Sorte von Coir (Kokosnußfaser). Freilich darf nicht übersehen werden, daß *Cocos nucifera* in zahlreiche Varietäten zerfällt, von denen eben nur die Früchte einzelner sich zur Darstellung dieser Faser eignen. Wie bekannt kommt die Leinsaat der meisten flachsbauenden Länder der Erde aus den russischen Ostseeprovinzen, da die Erfahrung lehrte, daß die dort geernteten Leinsamen, auch wenn sie in warmen Gegenden gebaut werden, sehr bastreiche Flachspflanzen liefern, und daß ein durch Jahre hindurch in warmen Gegenden kultivierter Flachs auf Kosten der Bastmenge große Samenerträge abwirft. Die besten zur Ölgewinnung dienenden Leinsamen bringen dagegen solche Länder hervor, in denen der Flachs gar nicht als Gespinstpflanze, sondern eben nur der ölreichen Samen halber kultiviert wird, so z. B. Ostindien. Diese wenigen Beispiele werden genügen, um zu veranschaulichen, daß die Rohstofflehre die auf die geographische Herkunft der Rohstoffe bezüglichen Daten nicht ohne weiteres den floristischen und pflanzengeographischen Werken und Abhandlungen entnehmen kann; daß sie vielmehr hierin ihre spezifischen Gesichtspunkte hat, von denen aus sie selbständig auf die Erwerbung der nötigen Daten bedacht sein muß.

Hierbei wird es sich nicht bloß um die natürliche Verbreitung der technisch angewandten Gewächse, sondern auch um ihre Verbreitungsfähigkeit und um ihre Kultur handeln. Viele Roh-

stoffe werden von wildwachsenden Pflanzen gewonnen, aber mit den Fortschritten der allgemeinen, namentlich der tropischen Agrikultur nimmt die Zahl dieser Gewächse ab, indem man bestrebt ist, alle nutzbringenden Pflanzen in möglichst rationelle Kultur zu nehmen, so z. B. die Sagopalme, die Chinarinden-, Kautschuk-, Guttaperchabäume, die ostafrikanischen Gummibäume usw. Bevor Perlsago ein in Europa begehrter Handelsgegenstand war, genügte es, dieses Produkt aus wildwachsenden Palmen zu gewinnen. Nunmehr nimmt die Kultur der Sagopalmen im tropischen Gebiete zu. Dies hat nicht nur zur starken Hebung dieser Kolonialware geführt, sondern ist für die Ausnutzung des tropischen Kulturbodens von Bedeutung geworden, indem die wichtigsten Sagogewächse nur auf Sumpfboden vorkommen und dieser durch Bepflanzung mit Sagopalmen erst Kulturboden geworden ist. Viele sumpfige Talgründe auf Celebes, die ertraglos dalagen, sind durch die genannte Anpflanzung nutzbar gemacht worden.

Zahlreiche Faserpflanzen und andere technische Nutzgewächse, die früher im wildwachsenden Zustand Verwendung fanden, sind zu Kulturpflanzen geworden.

Die Chinarinde ist, seit das Chinin aus ihr fabrikmäßig dargestellt wird, in die Reihe der technischen Rohstoffe eingetreten. Es ist bekannt, daß die in Indien, auf Ceylon, Java usw. erhaltenen Kultur-Chinarinden die wilden Rinden aus den Wäldern der Kordilleren lange überflügelt haben.

Obschon alle Gegenden der Erde, die eine Vegetation hervorbringen, dem Menschen nützliche Stoffe liefern, ist doch die Masse und der innere Wert dieser Körper je nach den klimatischen Verhältnissen höchst ungleich. Die außerordentlich üppige Vegetation der warmen Länder bringt auch die größte Menge von pflanzlichen Rohstoffen für unsre Gewerbe hervor. Mit dem Fortschritt der Kultur werden diese reichsten Quellen des Rohstoffes der Industrie immer mehr und mehr nutzbar gemacht. Die Akklimatisation jener so außerordentlich nützlichen Gewächse der tropischen und subtropischen Zone in unseren Gegenden hat der Industrie fast gar keinen Nutzen gebracht, da es wohl gelingt, viele dieser Pflanzen bei uns fortzubringen, aber durch die Übertragung in ein ihnen wenig zusagendes Klima verlieren sie ihren üppigen Wuchs und die Stoffe, welche uns Nutzen gewähren und wegen deren wir sie unserer Landwirtschaft unterwürfig machen möchten, werden nur in geringen, der praktischen Ausnützung nicht werten Mengen geliefert. Die in unseren Gegenden kultivierte Batate enthält nur sehr wenig Stärke, die in wärmeren Gegenden Europas aufgebrachten Indigopflanzen lieferten fast keinen Indigo, die vielfach angeregte Kultur der Ramie- und Jutepflanzen in unseren Gegenden verspricht gar keinen Erfolg und selbst die europäischen Baumwollpflanzungen, mit Ausnahme der türkischen, weisen fast gar kein praktisches Resultat auf.

Von der Akklimatisation, unter der der Versuch zu verstehen ist, eine Pflanze oder ein Tier unter für diese Organismen neuen klimatischen Verhältnissen zu gedeihlicher Entwicklung zu bringen, ist wohl zu unterscheiden die Einbürgerung; sie ist die Übertragung einer Pflanze oder eines Tieres in neue, von der Heimat oft weit entfernte Gebiete, wo diese Organismen aber klimatische Verhältnisse vorfinden, an die sie gewöhnt sind. In allen Zonen der Erde hat die Einbürgerung neuer Kulturpflanzen zu großen praktischen Resultaten geführt. Sie ist ja nichts anderes als die Nachahmung dessen, was wir in der Natur unter unseren Augen vor sich gehen sehen: Pflanzen, die sich von selbst verbreiten, suchen doch immer nur solche Gebiete auf, deren klimatische Verhältnisse mit denen ihrer Heimatländer übereinstimmen. Unter unseren Kulturpflanzen befinden sich allerdings manche, darunter auch einige wenige von technischer Bedeutung, welche sich infolge einer — man möchte sagen — sekulären Anpassung ein großes Terrain erobert haben und fern von der Heimat, unter ganz geänderten klimatischen Verhältnissen gedeihen, freilich aufgelöst in neue klimatische Spielarten. Hierher gehört als wichtigste technische Nutzpflanze der Flachs.

Die namentlich in früherer Zeit oft versuchte Akklimatisation von Nutzgewäch-

sen der warmen, ja sogar der heißen Länder in unsern Gegenden hat man heute fast gänzlich aufgegeben, und tut nur das Richtige, wenn man diese so nutzbaren Pflanzen in Gegenden überträgt, wo sie die natürlichen Bedingungen des Gedeihens finden und sich daher sehr leicht einbürgern lassen. Zu den hervortretendsten Erscheinungen der modernen Kolonialbestrebungen gehört die Einführung von Nutzpflanzen in neue, besonders tropische Gebiete. England hat in Indien, wirksam unterstützt durch seine Kew Gardens, Holland hat auf Java und in anderen seiner Kolonien unter Mitwirkung des großartigen botanischen Gartens in Buitenzorg in neuester Zeit hervorragende Leistungen auf dem Gebiet der Einführung neuer Kulturpflanzen, von denen viele technische Rohstoffe liefern, aufzuweisen und Deutschland hatte die gleiche wichtige Arbeit in seiner ostafrikanischen Kolonie begonnen.

Also nicht die Akklimatisation dieser Gewächse bei uns, sondern deren Einbürgerung in andern Gegenden, wo sie unter gleichen oder angenähert gewohnten Bedingungen gedeihen, ferner die Fortschritte im Handel und Verkehr, welche die Naturschätze der entlegensten Gegenden uns zuführen, machen die Reichtümer der tropischen Pflanzenwelt der Industrie dienstbar. Schon jetzt führen jene fernen Länder unsern Fabriken solche Unmassen von vegetabilischen Rohstoffen zu, daß unsere Industrie ins Stocken geriete, wenn diese so segensreiche Zufuhr plötzlich unterbliebe. Der Indigo Ostindiens und anderer Tropenländer hat die in verflossenen Jahrhunderten in Deutschland so blühende Waidindustrie fast vernichtet, die Baumwolle der warmen Länder ist nicht nur zum wichtigsten Gespinststoff aller Kulturländer, sondern zur wichtigsten Handelsware überhaupt geworden; und so ließen sich noch zahlreiche Beispiele zur Erhärtung der wichtigen Tatsache beibringen: daß, wie sich die Industrie in den Ländern der gemäßigten Zone immer weiter ausbreitet und vervollkommnet, die an organischen Erzeugnissen ungleich mehr gesegneten warmen Länder der Erde mit den Fortschritten der Kultur und Zivilisation immer mehr dazu beitragen, unsre Industrie mit den wichtigsten Rohstoffen zu versorgen.

Die Gewinnungsweise der Rohstoffe darf bei ihrer Lehre nicht übergangen werden, nicht etwa nur des großen Interesses wegen, das sich an diesen Gegenstand an und für sich knüpft, sondern weil sich aus der Art der Abscheidung der Rohstoffe oft manche ihrer Eigenschaften erklären lassen, und hierdurch die Schaffung einer Charakteristik und Physiographie der rohen Pflanzenstoffe ermöglicht oder doch erleichtert wird. Der Kautschuk findet sich im Handel nicht nur als weißer, sondern als verschieden gefärbter Körper vor. Es wäre gewiß mit Schwierigkeiten verbunden, die Färbung des schwarzen Kautschuks zu deuten, wenn man nicht wüßte, daß sie durch künstliche Räucherung hervorgerufen wird. Die große Veränderlichkeit im Terpentinölgehalt der käuflichen Terpentine würde sich angesichts der Tatsache, daß alle aus der Pflanze frisch heraussickernden Terpentine stets sehr reich an flüchtigem Öl sind, nicht begreifen lassen, wenn man nicht wüßte, daß in einigen Gegenden höchst unvollkommene Terpentingewinnungsmethoden gehandhabt werden, bei deren Anwendung das Terpentinöl in verschwenderischer Weise preisgegeben wird, und daß manche Terpentine des Handels künstlich eines Teils ihres flüchtigen Öls beraubt werden. Die Eichenspiegelrinden des Handels sind nicht selten bei gleicher ursprünglicher Güte entweder sehr wohlerhalten, oder aber an vielen Stellen verletzt. Solche Rinden werden nicht mit Unrecht für gering gehalten, da sie erfahrungsgemäß minder gut die Häute gerben. Ein Einblick in die Gewinnung der Eichenspiegelrinde lehrt aber, daß, entweder wegen unpassender Wahl der Entrindungszeit oder weil die gefällten Eichenstämmchen zu lange liegen blieben, ehe die Abschälung vorgenommen wurde, die Ablösung der Rinde nur schwer vorzunehmen ist und ohne Beklopfen mit Hämmern, Beilen usw. gar nicht gelingt. Die so entstehenden Klopfwunden gefährden aber die Güte der Rinde, indem bei der mechani-

schen Verletzung auch lebende Gewebe zerrissen werden, deren Zellinhalt sich dann spontan durch Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes oder durch Eindringen von Fermentorganismen zersetzt.

Daß eine sehr genaue Vertrautheit mit den morphologischen Verhältnissen der Pflanze die wichtigste Bedingung für die wissenschaftliche Begründung der technischen Rohstofflehre des Pflanzenreiches bildet, braucht wohl nicht erst bewiesen zu werden. Es leuchtet wohl von selbst ein, daß man Blätter, Blüten, Samen, Früchte nicht anders als botanisch, also mit den Hilfsmitteln der Botanik und vorzugsweise nach den Methoden der Morphologie der Pflanzen charakterisieren und beschreiben kann. Und ebenso dürfte es jedem verständlich sein, daß die auf histologischer Grundlage fußende mikroskopische Untersuchung den unbedingt wichtigsten Behelf für die Unterscheidung der Rohstoffe bildet. Denn nicht nur, daß als technische Rohwaren auftretende Pflanzen und Pflanzenteile in einem oft sehr zerkleinerten oder, allgemeiner gesagt, veränderten Zustand auftreten, in dem sie sich der botanisch-systematischen Untersuchung völlig entziehen und nur durch ihre Gewebe, Zellen oder Zellinhaltsstoffe genügend charakterisiert werden können; es gibt zahlreiche, sehr wichtige Pflanzenrohstoffe, die ihrer Natur zufolge kaum eine andere als eine histologische Charakteristik zulassen. Man denke nur an die in ihren Eigenschaften so verschiedenen Stärkesorten und Pflanzenfasern. Alle Versuche, diese Körper durch chemische Reaktionen zu unterscheiden, scheiterten an ihrer fast völligen chemischen Gleichheit. Es wird in dem der Stärke gewidmeten Kapitel gezeigt werden, daß die Stärkearten im Lichtbrechungsvermögen und auch noch in anderen physikalischen Eigenschaften voneinander abweichen, was alles auf Differenzen in chemischer Beziehung hinweist. Aber die betreffenden physikalischen und chemischen Unterschiede sind so gering, so schwer festzustellen, daß sich hierauf keine praktisch brauchbare Charakteristik bauen läßt und man doch immer, zur Unterscheidung der Stärkearten, auf die mikroskopisch festzustellenden morphologischen Kennzeichen zurückkommt. Die Unterschiede der Stärke- und Fasersorten sind beinahe nur in ihren morphologischen Verhältnissen begründet, bei der Stärke in der Form, Größe und im Bau der Körnchen, bei den Fasern in ihrer histologischen Zusammensetzung; es gibt also hier und bei vielen andern Rohstoffgruppen — so weit wir diese Verhältnisse nach unserer heutigen Einsicht überblicken können — gar keinen andern Weg, der mit Sicherheit zur Unterscheidung dieser äußerlich so gleichartigen Körper führen würde, als den der histologischen Charakterisierung.

Die morphologisch-botanische Untersuchungsmethode kann aber nicht auf alle vegetabilischen Rohstoffe angewandt werden. Wenn sie für die organisierten, das ist strukturbesitzenden Pflanzenstoffe auch die einzige oder doch wichtigste ist, so erstreckt sich ihre Anwendbarkeit kaum über die Körper dieser Kategorie hinaus. Die Charakteristik der strukturlosen Pflanzenstoffe, wie der Gummiarten, Harze, Balsame, des Kautschuks, der Guttapercha und vieler anderer hat von dieser Methode nur wenig zu erwarten. Indes ohne alle Bedeutung ist sie selbst für diese große Rohstoffgruppe nicht. Die meisten der genannten Körper sind nicht so ganz frei von aller organischen Struktur, oder frei von organisierten Pflanzenteilen, als daß sich nicht auch an ihnen der Wert der Histologie für die Unterscheidung der Pflanzenstoffe erproben lassen könnte. Die neuere Forschung hat gelehrt, daß manche Gummiarten, z. B. das Moringagummi, nicht, wie man früher vermutete, bloße Ausschwitzungen der Pflanzenorgane sind, sondern daß sie durch chemische Metamorphose ganzer Gewebe entstehen. So kommt es, daß viele vegetabilische Rohstoffe Gewebsstruktur besitzen, entweder klar ausgeprägt, oder nur eben erkennbar. Freilich hat diese Struktur physiologisch keine Bedeutung, indem sie nur Pseudomorphosen nach Geweben darstellt; aber für die Charakteristik der Stoffe sind diese Bildungen von großem Wert. Sehr viele strukturlose Pflanzenstoffe, wie Gummiarten, Harze usw., enthalten Gewebsreste und Zellinhaltsstoffe aus den Stamm-

pflanzen, deren morphologische Eigentümlichkeiten in sehr zahlreichen Fällen nicht nur für die Charakteristik dieser Körper verwendbar sind, sondern häufig auch zur Ermittlung ihrer wahren Abstammung geführt haben.

Einige Beispiele mögen die Bedeutung der morphologisch-botanischen und besonders auch der histologischen Untersuchungsweise für die Rohstofflehre des Pflanzenreichs veranschaulichen. — Die Abstammung der für die Industrie so wichtigen (gegrabenen) ostafrikanischen Kopale war lange Zeit in völliges Dunkel gehüllt. Ähnlichkeiten zwischen dem gegrabenen Harz und gewissen, von lebenden Stämmen ausgeschiedenen Harzen führten zur Aufstellung von Hypothesen über ihre botanische Herkunft. Da gelang es dem englischen Botaniker Kirk, in den gegrabenen Kopalen Blätter und Stengel, ja sogar Blüten von *Trachylobium mossambicense* aufzufinden und so den Beweis zu liefern, daß diese fossilen Harze, wie man schon vorher vermutete, tatsächlich von diesem Baume abstammen. — Die aus Stroh dargestellten Papierhalb- und Ganzzeuge bestehen wohl der Hauptmasse nach aus Bastfasern, die sich von andern Bastfasern nur schwer, in manchen Fällen gar nicht unterscheiden lassen. In dieser Papiermasse fehlen aber niemals die höchst charakteristisch geformten Oberhautzellen der Strohhalme. Diese Zellen haften der eigentlichen »Faser« so innig an, daß sie im Gang der Darstellung aus der Papiermasse gar nicht zu entfernen sind und tatsächlich auch in die Strohpapiere übergehen. Diese charakteristisch geformten Oberhautzellen weisen sicher und rasch darauf hin, daß die fraglichen Papiere oder Papierzeuge aus Stroh verfertigt wurden; aus der Größe, Form und Struktur dieser Oberhautzellen läßt sich weiter ermitteln, welche Art von Stroh zur Herstellung diente.

Daß man sich in der Unterscheidung sowohl der strukturlosen als auch der strukturbesitzenden Pflanzenstoffe oft mit großem Vorteil mikrochemischer Reaktionen bedienen kann, wird in diesem Buche genügend dargelegt. Darüber sei hier nur soviel erwähnt, daß man bei einem gründlichen Studium der Rohstoffe wohl immer bestrebt sein wird, alle sich im Mikroskop als optisch unterscheidbar darstellenden Teile eines Objektes möglichst genau zu deuten, also in erster Linie über ihren stofflichen Charakter ins klare zu kommen, was doch begreiflicherweise nicht anders als auf mikrochemischem Wege geschehen kann.

Die als strukturlos angesehenen Rohstoffe des Pflanzenreichs haben meist ein so ausgesprochenes chemisches und physikalisches Gepräge, daß man einige ihrer Reaktionen, ihre Dichte, ihre Löslichkeit in Wasser, Alkohol und andern Flüssigkeiten, die Fällbarkeit ihrer Lösungen durch bestimmte Reagentien, ihr optisches Drehungsvermögen in der Charakteristik sehr gut verwerten kann. Dennoch reichen die auf diese Weise ermittelten Eigentümlichkeiten nicht immer zur genauen Unterscheidung aus. Zur Vervollständigung der Charakteristik solcher Körper kann man sich z. B. noch folgender Mittel bedienen:

Viele Rohstoffe haben einen eigentümlichen, oder mit dem Geruch und Geschmack anderer, bekannter Körper vergleichbaren Geruch und Geschmack. Der Geschmack ist im allgemeinen ein etwas sichereres Merkmal als der Geruch, da geruchlose Substanzen häufig leicht Gerüche annehmen und so zu Täuschungen Veranlassung gegeben werden kann.

Farbe, Färbung, Durchsichtigkeit sind für unsere Zwecke nicht ganz zu unterschätzende Merkmale.

Die Prüfung, ob ein Körper einfach oder doppelt lichtbrechend ist, oder doch, wie die meisten in Wasser löslichen Gummiarten, wie Kautschuk und einige andere Körper, infolge von Spannungsunterschieden Doppelbrechung im Polarisationsmikroskop erkennen läßt, ist in der Charakteristik vieler Rohstoffe oft von hohem Wert; ebenso die Prüfung, ob ein Körper, in bestimmten Flüssigkeiten verteilt, schwache oder starke Molekularbewegung zeigt.

Auch das Lichtbrechungsvermögen flüssiger Körper, durch das Mikroskop leicht zu ermitteln, oder fester Substanzen durch Einlegen in Flüssigkeiten bestimmter Lichtbrechung häufig sehr

rasch festzustellen, bieten sehr gute Anhaltspunkte für die Charakteristik.

Feste strukturlose Pflanzenstoffe können vielfach nach dem Vorbild der Mineralbeschreibung charakterisiert werden, indem man nicht nur ihre Farbe und Dichte, sondern auch ihre Härte, ihren Strich (Farbe des Strichpulvers), ihre Zähigkeit und die Art ihres Bruches berücksichtigt. J. Wiesner hat eine solche Charakteristik bei zahlreichen Gummi- und Harzarten mit Vorteil durchgeführt. Noch sei erwähnt, daß selbst manche organische Pflanzenstoffe durch den Grad ihrer Härte gut charakterisiert werden können.

Einer besondern Aufmerksamkeit wert ist das mikroskopische Verhalten sogenannter strukturloser Pflanzenstoffe. Fast immer erscheinen diese Körper dem freien Auge gleichartig, und dennoch birgt sich unter diesem scheinbar homogenen Aussehen eine Mannigfaltigkeit von Gestaltsverhältnissen, die ein mit derartigen Untersuchungen nicht Vertrauter kaum ahnen möchte. Es ist schon oben erwähnt worden, daß viele Gummiarten, Harze und andere ähnliche pflanzliche Rohstoffe Strukturverhältnisse zeigen, die mit ihrer Entstehung im Zusammenhang stehen, oder organisierte Einschlüsse führen, die sie den Organen der Pflanzen, von denen sie abstammen, zu danken haben. Aber selbst abgesehen hiervon sind diese Körper nicht völlig gleichartig gebaut. Viele bergen eine größere oder geringere Menge bestimmt geformter mikroskopischer Kristalle, manche darunter sind fast nur aus kleinen Kriställchen gebaut, die dem freien Auge und selbst der Betrachtung mit der Lupe entgehen. Eine Zusammensetzung aus mikroskopisch wahrnehmbaren, verschiedenartigen Körperchen gehört bei dieser Kategorie von Rohstoffen nicht zu den Seltenheiten. So besteht z. B. das Gummigutt aus einer homogenen gummiartigen Grundmasse und überaus kleinen, in ungemein großer Menge darin eingestreuten Harzkügelchen.

Die Asche vieler Rohstoffe des Pflanzenreichs, namentlich einiger Rinden, Hölzer und Fasern führt morphologisch bestimmte Einschlüsse, die für die Charakterisierung oft von entscheidender Wichtigkeit sind. So läßt sich die gleich der Jutefaser stark verholzte, auch sonst ihr sehr ähnliche *Abelmoschus*-Faser durch die Asche unterscheiden: die Asche der Jute ist kristallfrei, die der letzteren führt charakteristische, in der unverbrannten Faser als Kalziumoxalat, in der Asche als Kalk oder Kalziumkarbonat auftretende Kristalle, die bei der Veraschung ihre Gestalt im wesentlichen beibehalten haben. Wegen der kleinen Menge der in der Faser vorkommenden Kristalle ist der direkte Nachweis mit Zeitverlust verbunden, während in der veraschten Masse die Auffindung der Kristalle rasch erfolgen kann.

In neuester Zeit sind noch die wissenschaftlich ausgebildeten Methoden der Herstellung mikroskopischer Dünnschnitte und deren photographischer Wiedergabe, ferner die Verfahren der Farbtonbestimmung, der Spektrographie und Röntgenspektrographie als wichtige Hilfsquellen für die Untersuchung hinzugekommen. Sowohl die oben angeführten Beispiele wie die bis jetzt erörterten Gesichtspunkte lehren deutlich, daß die botanische Forschungsmethode allerdings für eine wissenschaftliche Begründung der technischen Rohstofflehre des Pflanzenreiches unerläßlich notwendig ist, aber zur möglichst genauen Unterscheidung und Darlegung der Eigenschaften der pflanzlichen Rohstoffe nicht ausreicht, sondern daß auch die Handhabung anderer naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden erforderlich ist.

Die bis jetzt angestellten Betrachtungen werden schon die Vorstellung erwecken, daß es völlig unrichtig wäre, wenn man, wie dies oft geschah, annähme, eine Rohstofflehre des Pflanzenreiches hätte keine Daseinsberechtigung, oder läge doch in der Botanik selbst, so daß bloße botanische Kenntnisse das Studium der vegetabilischen Rohstofflehre überflüssig machen würden. Weit entfernt zu behaupten, daß die Rohstofflehre des Pflanzenreiches selbst eine besondere Wissenschaft bildet oder zu bilden berufen sei, fassen wir sie dennoch als eine selbständige, praktischen Zwecken gewidmete Lehre auf, gleich der Technologie im engeren Sinn (Lehre von der mechanischen und chemischen Verarbeitung der Rohstoffe), der praktischen Geometrie, der Landwirtschaftslehre, als eine Lehre, die ihre eige-

nen Ziele, nämlich eine möglichst genaue und allseitige Kenntnis der vegetabilischen Rohstoffe anstrebt, wenn sie diese auch nicht nach selbständigen, sondern nach anderen, hauptsächlich den reinen Naturwissenschaften aber wie sich gleich zeigen wird, auch den technischen Disziplinen entlehnten Methoden zu erreichen strebt.

Daß eine technische Rohstofflehre über das Gebiet der Naturwissenschaften hinausreichen muß, liegt ja schon in ihrem Namen: sie muß notwendigerweise in vielfacher Beziehung zu den technischen Wissenschaften stehen, ist sie ja doch selbst eine technische Disziplin. Ihrem Hauptcharakter nach ist sie geradezu die Vermittlerin zwischen der organischen Naturgeschichte und der Technik, wie etwa die chemische Technologie die Vermittlerin zwischen der Chemie und den chemischen Gewerben ist. Über die Fabrikate, die sie zu beschreiben hat, muß sie wissen, durch welche Prozeduren diese Körper dargestellt wurden, und in jedem Fall muß die Rohstofflehre anzugeben wissen, zu welchem technischen Zweck ihre Stoffe dienen, denn vornehmlich hieraus läßt sich deren Bedeutung ableiten.

Zum gleichen Zweck muß auch die Statistik und müssen die Hauptmomente der Handelsverhältnisse der Rohstoffe in der Lehre von den Rohwaren Berücksichtigung finden.

Einige Hauptmomente aus der Kultur der Gewächse, welche Rohstoffe darbieten, werden zum Verständnis ihrer Art und Bedeutung und zur Vervollständigung der zu entwerfenden Bilder der wichtigeren Rohstoffe wohl auch hervorzuheben sein. Ein tieferes Eingehen in diese Materie kann aber nicht Aufgabe der Rohstofflehre sein. Hier wird es genügen, auf die Quellen hinzuweisen. Über die Agrikultur der gemäßigten Zone liegt schon längere Zeit hindurch eine reiche Literatur vor. Während sich früher Angaben über die Kultur tropischer Nutzpflanzen schwer finden ließen, da sie sich in Büchern über Warenaustausch und in Reisewerken verbargen, ist die tropische Agrikultur in neuerer Zeit zu einer gut gepflegten landwirtschaftlichen Disziplin herangediehen, in der man erforderlichenfalls die gewünschten Aufschlüsse findet.

Endlich wird wohl auch die Geschichte der Rohstoffe nicht unbeachtet bleiben dürfen. Was ein bestimmter Rohstoff nach seiner Verwendung, seiner Bedeutung als Industrieobjekt oder als Handelsgegenstand ist, das ist er im Laufe der Zeit geworden. Die Linie seiner Bedeutung kann eine aufsteigende oder eine absteigende sein. Schon die Perspektive seiner zukünftigen Bedeutung erfordert die Kenntnis dieser Linie. Die Geschichte der in das Leben der Völker eingreifenden Rohstoffe bildet einen wichtigen Bestandteil der Kulturgeschichte. Bruchstücke einer Geschichte der Rohstoffe liegen bereits vor, aber das meiste bleibt doch der Zukunft vorbehalten, was um so weniger wundernehmen kann, als ja selbst die Geschichte der Medizinaldrogen erst sehr unvollkommen erforscht ist. Und doch ist das historische Interesse an den Heilstoffen älteren Datums, als das an den gewerblich benutzten Rohstoffen; auch sind die Medizinaldrogen überhaupt seit viel älterer Zeit Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchung als die Materialien, die in den Gewerben und in der Industrie Verwendung finden. Was die Geschichte der Pharmakognosie geleistet hat, kommt zum Teil auch der technischen Rohstofflehre des Pflanzenreiches zugute, nämlich die historischen Daten über Körper, die Heilstoffe sind oder waren und heute zu industriell verwerteten Rohprodukten gehören, wie z. B. Mastix, Drachenblut, Blauholz und viele andere.

Die hier versuchte Darlegung der in der technischen Rohstofflehre zu lösenden Aufgaben leitete zu jenen Wissenszweigen, die unsrer Disziplin zugrunde liegen. Indem man das Ineinandergreifen dieser Wissenszweige zum Zweck einer gründlichen Kenntnis des von der Pflanzenwelt den technischen Industrien dargebotenen Rohmaterials betrachtet, erhält man ein Bild, das unter allen anderen Wissensgebieten mit dem Bilde, das die Pharmakognosie des Pflanzenreichs darbietet, die größte Ähnlichkeit hat. In der Tat hat sich auch die technische Rohstofflehre vielfach nach dem Vorbilde der Pharmakognosie ausgebildet. Die Bearbeitung des Stoffs ist in beiden Disziplinen die gleiche, nur die Materie ist verschie-

den: hier die medizinisch, dort die technisch verwandten Rohstoffe. Sehr anziehend hat Flückiger das Verhältnis der Pharmakognosie zu ihren Hilfswissenschaften ausgedrückt, indem er sagt: »Die Pharmakognosie ist keineswegs ein scharf begrenzter Wissenszweig, sondern darin liegt eben das Wesen und wohl auch der besondere Reiz des Faches, daß es die Hilfsmittel verschiedener Disziplinen zu dem einen Zweck gründlicher Kenntnis der Rohstoffe des Arzneischatzes oder sonst vom Standpunkte der Pharmazie aus wichtiger Pflanzenteile oder Produkte verwertet.«

Immer mehr gewinnen die industriell verwerteten Rohstoffe gegenüber den medizinisch benutzten an Bedeutung, sie werden zudem durch industrielle Auswertung der in ihnen enthaltenen wirksamen chemischen Individuen — man erinnere sich beispielsweise an die fabrikmäßige Darstellung des Chinins aus den Chinarinden, der Opiumalkaloide aus dem Opium — vielfach in technisch wichtige umgewandelt. Schon jetzt kann man das riesige Emporblühen der technischen Rohstofflehre gegenüber ihrer älteren Schwester, der Pharmakognosie, erkennen oder doch voraussehen.

III. Die Rohstoffe liefernden Pflanzen und Pflanzenteile.

Einige einleitende Bemerkungen über die Pflanzen und Pflanzenteile, die uns Rohstoffe für die Gewerbe liefern, seien dem Buche vorausgeschickt. Man erwarte hier keine systematische Übersicht über das Gewächsreich, über die geographische Verbreitung und über die morphologischen Verhältnisse der Pflanzen. Die Elemente der Systematik, Pflanzengeographie und Morphologie der Pflanzen müssen wohl beim Leser dieses Werks vorausgesetzt werden. Sollte er indes diese Kenntnisse nicht besitzen, so wird er sich wohl durch die vorhandenen literarischen Hilfsmittel der Botanik in den Stand setzen können, sie zu erwerben. Die hier folgenden Mitteilungen haben nur den Zweck, einige allgemeine Gesichtspunkte über die Verbreitung der technischen Nutzpflanzen, über die natürlichen Pflanzenfamilien, denen sie angehören, und über die in der Natur der Pflanze und ihrer Teile (Organe, Gewebe, Zellen und Zellinhaltsstoffe) gelegene Verwendung für unsere Bedürfnisse zu gewähren.

Der Verallgemeinerung wert erscheint zunächst die lange Reihe von Wahrnehmungen über den Zusammenhang zwischen der Hervorbringung bestimmter Rohstoffe und dem botanischen Charakter der sie liefernden Stammpflanzen. Bekannt ist, daß baumartige Gewächse nur bestimmten Pflanzenfamilien angehören und mithin nur Pflanzen dieser Familien Holz liefern. Ebenso bekannt ist, daß die Harz liefernden Gewächse nur wenigen natürlichen Familien angehören, von denen die *Papilionaceen, Burseraceen, Euphorbiaceen, Dipterocarpaceen, Umbelliferen* und *Coniferen* die wichtigsten sind. Ein ähnlicher Nachweis läßt sich für beinahe alle Rohstoffgruppen führen und findet teils in einer gewissen Übereinstimmung im chemischen Charakter, teils in der anatomischen Ähnlichkeit botanisch ähnlicher Pflanzenformen eine genügende Erklärung. Wir sehen, wie der Kautschuk, die Guttapercha, die bassorinreichen, zerasinreichen, arabinreichen Gummiarten und viele andere Rohstoffe sich auf verhältnismäßig wenige, sich entweder systematisch ziemlich nahestehende oder nur wenigen systematischen Kreisen angehörende Stammpflanzen zurückführen lassen; selbst die Gespinstpflanzen, soweit sie im großen Maßstab brauchbare Fasern liefern, verteilen sich eigentlich auf verhältnismäßig wenige Familien. Gewisse Pflanzenstoffe weisen allerdings eine außerordentlich große Verbreitung im Pflanzenreich auf, wie die Stärke, die Fette, und die Möglichkeit, sie aus zahlreichen und höchst verschiedenen Pflanzen darzustellen, ist vorhanden. Trotzdem hat die Erfahrung gelehrt, daß sich nur verhältnismäßig wenige von ihnen zur praktischen Ausnutzung eignen, und wieder zeigt sich die Erscheinung, daß es die Pflanzen bestimmter Familien sind, denen diese Eignung zukommt.

Wenn wir einen Blick auf die anatomische Zusammensetzung der Pflanzen werfen und von den einfach gebauten Pilzen, Flechten und Algen absehen, tritt uns bekanntlich die Tatsache entgegen, daß alle Organe dieser Pflanzen

eine große Übereinstimmung des histologischen Baues erkennen lassen. Wir sehen, daß jedes ihrer Organe ein Hautgewebe besitzt, das die Blätter stets, die Stengel und Wurzeln nur so lange sie in die Länge wachsen, als Oberhaut umgibt, in späteren Entwicklungsstadien aber als Periderm (Korkgewebe, Borke usw.) ausgebildet ist; daß ferner ein meist parenchymatisches Grundgewebe vorhanden ist, in das die vorwiegend aus fasrigen Elementen zusammengesetzten Gefäßbündel (Fibrovasalstränge) eingebettet sind.

Obgleich sich die gewöhnlich nur aus einer einschichtigen Zellenlage bestehende Oberhaut von vielen Pflanzenteilen gut ablösen läßt, hat sie fast keinerlei Benutzung gefunden. Die geringe Festigkeit infolge ihrer oft außerordentlichen Dünne ist wohl die Ursache, daß sie nicht zu mechanischen Zwecken benutzt werden kann, und die Geringfügigkeit ihrer Masse bringt es mit sich, daß man nicht versuchte, ihre Substanz auszunutzen, wozu indes ihr sehr einförmiger chemischer Charakter auch wenig Gelegenheit gegeben hätte. Die Verwendung der Oberhaut beschränkt sich fast nur darauf, daß manche Stengel oder Blätter mit sehr scharfer, kieselsäurereicher Oberhaut zum Polieren und zum Scheuern verschiedener Metallgeräte Verwendung finden, so bei uns die Stengel von *Equisetum arvense* L. und *E. hiemale* L. (»Polierheu«, »Scheuerkraut«), auf Ceylon die Blätter von *Delima sarmentosa* L., in Japan die Blätter von *Deutzia scabra* Thunb. und *Prunus aspera* Thunb., in Cochinchina die Blätter von *Ficus politoria* Lour. Die Oberhaut der zu solchen Zwecken verwandten Pflanzenteile muß sich durch besondere Härte auszeichnen. — Daß gleich dem Parenchym mancher zum Färben benutzter Blumenblätter häufig auch deren Oberhaut Farbstoffe führt und so Material für die Farbstoffgewinnung abgibt, ist kaum der Erwähnung wert. Von anderen Hautgeweben wäre nur anzuführen, daß das Periderm von einigen wenigen baumartigen Gewächsen in seiner Ausbildung als Kork technisch verwandt wird. Auch solche zumeist kompliziert gebauten Formen des Periderms, die man im gewöhnlichen Leben als Borke bezeichnet, finden keine nennenswerte praktische Verwendung. Vielen Rinden, die medizinisch oder technisch verwandt werden, z. B. der Eichenspiegelrinde, haftet allerdings außen Periderm an, allein es bildet nur ein wertloses Adhäsionsprodukt, das an den andern Rindenbestandteilen haften blieb, weil es sich eben nicht leicht entfernen ließ und weil seine Anwesenheit die Verwendbarkeit der Rinde nicht herabsetzt.

Das Grundgewebe der Pflanzen wird nur in seltenen Fällen zu mechanischen Arbeiten verwandt, wenn es nämlich ganz und gar einen sklerenchymatischen Charakter an sich trägt oder überhaupt aus dickwandigen Zellen besteht und zudem eine voluminöse dichte Masse bildet. So verwendet man das dichte Sameneiweiß (Keimnährgewebe) von *Phytelephas (Elephantusia) macrocarpa* Ruiz et Pav. als vegetabilisches Elfenbein, das Sameneiweiß mehrerer Palmen unter den verschiedensten Namen zu Dreharbeiten aller Art. Auch die vorwiegend aus sklerenchymatischem Grundgewebe bestehenden Steinschalen vieler Früchte und Samen finden eine ähnliche Verwendung. Parenchymatisches Grundgewebe findet nur in seltenen Fällen Benutzung, z. B. das Mark einiger Agaven als Ersatzmittel für Kork, das Mark der *Aralia papyrifera* zur Erzeugung von einer bestimmten Sorte chinesischen Papiers. Das Grundgewebe der Pflanzenorgane ist aber durch einen sehr mannigfaltigen chemischen Charakter ausgezeichnet, und fast alle die zahlreichen Pflanzenstoffe, die uns die Chemie kennen lehrte, haben dort ihren Sitz. Hier finden sich die vegetabilischen Fette, die ätherischen Öle, Stärke, Zucker, die meisten Farbstoffe usw. aufgespeichert. Das Grundgewebe der Pflanzenorgane, also das Mark der Stämme, das Fleisch der Früchte und Wurzeln, das markige oder saftige Gewebe der Blätter, das Parenchymgewebe der Samen usw. wird vorwiegend chemisch ausgenutzt. Gerade umgekehrt verhält sich das Gefäßbündelgewebe, das nur in seltenen Fällen chemisch benutzbar ist und in der Regel nur mechanischen Zwecken dient. Wohl haben die Farbstoffe der Farbhölzer vorwiegend in der Wand der Holzzellen und in den histologischen Elementen des Holzkörpers überhaupt ihren Sitz, hier dient also das Holz

zur Gewinnung von Farbstoffen. Dies sind aber nur Ausnahmen, denen sich nur wenige ähnliche Fälle anreihen lassen; denn die Farbstoffe, Gerbstoffe und andere Substanzen, die wir aus Rinden und selbst aus deren Gefäßbündelanteilen (Phloem) darstellen, kommen hier nicht in Betracht, indem alle diese nutzbaren Stoffe in der Regel nicht in den Zellhäuten, sondern im Zellinhalt der parenchymatischen Anteile dieser Gewebe und Gewebsgruppen auftreten. Das Bastteil vieler dikotyler Gewächse dient teils als solcher als Flecht- und Bindematerial, teils durch Zerlegung in mehr oder minder feine Fasern als Spinnstoff. Der Holzteil dikotyler Bäume und Sträucher liefert das Holz, das ja bekanntlich vorwiegend zu mechanischen Zwecken, in neuester Zeit aber im großartigsten Maßstab in der Papierfabrikation (entweder als »Holzschliff« oder als »Holzzellulose« verwandt wird. Das ganze Gefäßbündel der Blätter oder Stengel vieler monokotyler Pflanzen liefert ebenfalls mannigfaltig benutzte Fasern, die sich aber im allgemeinen mehr zu Seilerarbeiten als zur Herstellung von Gespinsten und Geweben eignen. Sehr bemerkenswert bleibt es, daß es unter den zahlreichen, häufig in großer Menge und genügender Länge zu erhaltenden Pflanzenhaaren, die vom histologischen Standpunkt aus betrachtet der Oberhaut zuzuzählen sind, nur ein einziges Rohmaterial gibt, das allen Anforderungen entspricht, die man an eine Spinnfaser stellt, nämlich die Baumwolle, die bekanntlich alle anderen Spinnstoffe, die uns das Pflanzen- und Tierreich liefert, an Wichtigkeit übertrifft. Die Samenhaare mancher Asclepiadaceen und Apocynaceen haben als »Fasern« allerdings einige Bedeutung erlangt; es fehlt ihnen aber an der nötigen Festigkeit und Biegsamkeit, um gleich der Baumwolle als genügend brauchbarer Spinnstoff benutzt werden zu können. Die zahlreichen Samenhaare anderer Pflanzen haben sich als fast ganz wertlos für die Textilindustrie erwiesen; dagegen haben einzelne Produkte, besonders der Kapok (die samenumhüllenden Fruchthaare von *Ceiba pentandra* Gaertn.) als Füllmittel für Schwimm- und Rettungsgürtel, als Pflanzendunen usw., in neuerer Zeit nicht unerhebliche technische Bedeutung erlangt.

Daß das e i n e histologische Moment, der fasrige Bau, noch nicht ausreicht, damit ein Gewebe oder Gewebsanteil als »Faser« verwandt werden kann, obgleich dies eben eine wesentliche Bedingung hierfür ist, daß mithin nicht alle Pflanzenhaare und alle Baste dikotyler, alle Gefäßbündel monokotyler Gewächse zur Fasergewinnung verwandt werden können, sondern daß hierfür noch eine Reihe anderer Bedingungen erfüllt werden muß, wird in dem den Pflanzenfasern gewidmeten Abschnitt eingehend dargelegt werden.

Die Ausnutzung des Parenchyms zwecks Gewinnung der darin enthaltenen Stoffe erfolgt in eben so mannigfaltiger Weise, als die Substanzen, die darin vorkommen, verschiedenartig sind. Die roheste Art der Ausnutzung ist die, daß man die parenchymreichen, bestimmte chemische Individuen enthaltenden Pflanzenorgane direkt verwendet, wie die Gerberrinden. Doch bereitet man auch schon aus diesen Extrakte, in denen der wirksame Bestandteil, hier der Gerbstoff, in einem weit konzentrierteren Zustand als im Rohstoff selbst vorhanden ist. — Viele Rohstoffe des Pflanzenreichs werden, obschon die benutzten Bestandteile bereits fertig gebildet in ihnen vorkommen, ausnahmslos extrahiert, um die in ihnen enthaltenen Stoffe gewerblich verwenden zu können, so die Blätter des Gambirstrauchs, das Holz der *Acacia catechu* usw. Die meisten der im Parenchym aufgespeicherten nutzbaren Pflanzenstoffe lassen sich durch Extrahieren mit Wasser gewinnen. Die Natur der Harze, die in Geweben eingeschlossen sind, und die Natur und das Vorkommen der Fette in den Pflanzenzellen bringen es aber mit sich, daß das Ausziehen mit Wasser hier nicht zum Ziele führt. Von den Harzen wird z. B. das Birkenharz durch Extrahieren mit Weingeist gewonnen. Die Fette werden in der Regel nur durch Auspressen oder durch Ausschmelzen mit Zuhilfenahme von heißem Wasser zu erhalten sein. Da die bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Fette (Öle) nur im Zellinhalt vorkommen und hier entweder eine die Zelle erfüllende, zusammenhängende Flüssigkeitsmasse bilden (ölhaltige Samen) oder im wässrigen Zellsaft in Form von Tropfen verteilt sind (Olive), welche Zell-

inhaltsmassen durch die Zellwände nicht hindurchgetrieben werden können, so ist leicht einzusehen, daß die Gewinnung von Ölen aus Pflanzenteilen um so ergiebiger sein wird, je vollständiger die Zertrümmerung der Gewebe, sei es durch vorhergehende mechanische Zerkleinerung, sei es durch Pressen, erfolgt. Die ältere Methode der Zerkleinerung fetthaltiger Pflanzenteile zur Ölgewinnung durch Stampfen (Stampf- oder Schlagwerk) ist in neuerer Zeit durch die Anwendung von Quetschwalzen (auf Walzwerken) verdrängt worden. Auf dem Walzwerk werden die Ölsamen »geöffnet«. Das Walzwerk zertrümmert nicht nur viel vollständiger als die Stampfe die Ölsamen, es gestattet auch, sehr kleine Samen, die durch das alte Schlagwerk nur sehr unvollständig bezwungen würden, zu »öffnen«. Talgartige Pflanzenfette können nur dann durch Pressung erhalten werden, wenn diese bei einer Temperatur vorgenommen wird, bei der sie flüssig sind. Daß man die Fette auch durch Extraktion mittels ihrer Lösungsmittel gewinnen kann, leuchtet wohl sehr ein und es wird von dieser Gewinnungsmethode immer mehr und mehr Gebrauch gemacht. — Die Eigenschaften der ätherischen Öle und ihr Vorkommen in den Geweben der Pflanzen erlauben eine größere Mannigfaltigkeit der Gewinnungsweisen. Wenn sie reichlich in sehr wasserreichen Geweben, wie z. B. in manchen saftigen Früchten vorkommen, so können sie durch mechanische Absonderung erhalten werden. Fast in allen Fällen führt die Extraktion mit passenden Lösungsmitteln oder die Destillation der Pflanzenteile mit oder ohne Wasser zum Ziel. — Von allen im Parenchym der Pflanzen vorkommenden nutzbaren Stoffen ist es allein die Stärke, die sich durch einfaches Ausschwemmen aus den möglichst zerkleinerten Pflanzenteilen gewinnen läßt. Die verhältnismäßig große Dichte der Stärkekörnchen gegenüber den anderen in den Parenchymzellen der stärkereichen Pflanzenteile gleichzeitig vorkommenden festen Bestandteilen macht es möglich, diesen Körper durch Ausschwemmen und nachfolgendes Absetzenlassen oder durch Zentrifugieren von den übrigen Gewebsteilen zu trennen. Bei der Darstellung der Stärke aus Knollen (Kartoffeln), Früchten (Bananen), aus dem Mark von Stämmen (Sagopalme) erhält man auf diese höchst einfache Weise ein sehr reines Produkt; nicht so aus stärkereichen Samen, da diese im Parenchymgewebe neben Stärke noch viel Kleber führen, dessen Dichte von der der Stärke nicht sehr stark abweicht. Die Mittel, um die Stärke kleberfrei zu erhalten, bestehen teils in der Zerstörung des Klebers, teils in einer eigentümlichen Darstellungsweise, die es mit sich bringt, daß nur die Stärke in die ausschwemmend wirkende Flüssigkeit hineingeraten kann.

Die gummi- und harzhaltigen Flüssigkeiten und die Milchsäfte treten fast ausnahmslos freiwillig aus den Stammpflanzen hervor; häufig aber nur in sehr kleinen Mengen, so daß die Einsammlung der so entstehenden Rohstoffe sich nicht lohnen würde. Durch Anschnitt der betreffenden Pflanzenteile treten alle diese Flüssigkeiten in reichlicherer Menge hervor. Der Anschnitt muß in die solche Flüssigkeiten erzeugenden Gewebe hineinreichen, entweder in die äußere oder innere Rinde, manchmal sogar bis in den Holzkörper; aber auch die Schnittrichtung ist nicht gleichgültig. Immer ist es am rationellsten, die betreffenden Gewebe senkrecht zu durchschneiden; in welcher Richtung der betreffende Pflanzenteil zu durchschneiden ist, ist von vornherein nicht immer klar, dies hängt vielmehr von der Anordnung der Harz, Milchsaft usw. führenden Gewebe ab. So liefert z. B. die junge Mohnkapsel die größte Menge von Milchsaft, also auch von Opium, wenn sie durch Querschnitte verletzt wird.

Sehr merkwürdig verhalten sich manche harz- oder balsamliefernde Pflanzen (z. B. Storax), indem ihre harzigen Produkte *erst nach erfolgter Verletzung* bestimmter Pflanzenteile gebildet werden, weil erst durch den hierdurch bedingten mechanischen Angriff in pathologisch modifizierten Geweben die harzigen Bestandteile *entstehen*.

Manche chemische Individuen sind in den Geweben der Pflanzen so außerordentlich weit verbreitet, daß man sie in den sogenannten strukturlosen Pflanzenstoffen nicht selten, in den strukturbesitzenden fast immer findet. Es dürfte nicht über-

flüssig sein, diese Körper hier anzuführen. Der Zellstoff setzt, allerdings nicht ausschließlich, auch nicht gerade immer vorwiegend, die Membran der Zelle zusammen, er fehlt aber in den Geweben der Phanerogamen nie und ist, allerdings in verschiedenen Modifikationen, der wesentliche Bestandteil jeder vegetabilischen Zellmembran, selbst der der Pilzzellen. Nicht nur im Holz — wo er mit den Ligninsubstanzen gemengt vorkommt — und in den Fasern, auch in Blättern, Blüten, Früchten, Samen, Wurzeln, Rhizomen, und zwar in allen ihren Geweben läßt sich immer die Gegenwart von Zellulose erweisen, freilich tritt sie manchmal nur in geringer Menge auf. Aber selbst in Gummiarten und Harzen, namentlich wenn sie durch chemische Metamorphose aus ganzen Geweben hervorgegangen sind, läßt sich nicht selten Zellulose nachweisen. Die Ligninsubstanzen haben eine außerordentliche Verbreitung im Pflanzenreiche. Durch Anwendung von Anilinsulfat, durch das verholzte, das heißt Ligninsubstanzen enthaltende Pflanzengewebe gelb gefärbt werden, hat Wiesner seine Gegenwart auch in vielen Bastzellen (z. B. in der Jutefaser), sehr häufig im Parenchym, in manchen Haaren (z. B. in der vegetabilischen Seide), zuerst nachgewiesen und später in der Anwendung des Gemisches von Phlorogluzin und Salzsäure, da das verholzte Zellmembran rotviolett färbt, ein noch viel verläßlicheres Mittel zum Nachweis der »Verholzung« der vegetabilischen Zellhaut gefunden — ein Mittel, das heute in der Pflanzenanatomie und in der Papieruntersuchung in allgemeiner Anwendung steht. Diese von Wiesner in die Pflanzenanatomie eingeführten, zum Nachweis der Verholzung dienenden Reagentien lieferten die ersten positiven Reaktionen auf die Verholzung. Vorher hat man die Verholzung nur negativ und sehr unvollkommen durch Ausbleiben der Zellulosereaktion nach Anwendung von Chlorzinkjod und durch deren Eintreten nach Vorbehandlung mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure nachgewiesen. Für die Charakterisierung der Pflanzenfasern und zahlreicher vegetabilischer Rohstoffe ist der Nachweis der Verholzung oder die Konstatierung des nichtverholzten Zustandes der pflanzlichen Zellhäute von großer Wichtigkeit. Eingehende Beobachtungen Wiesners haben klargelegt, daß die Ligninsubstanzen zu den verbreitetsten Pflanzenstoffen gehören und, von manchen Wassergewächsen abgesehen, in den Gefäßbündeln und auch in anderen Gewebsbestandteilen aller Gefäßpflanzen vorkommen. Den Pilzen, Algen und Flechten, also allen Thallophyten fehlen die Ligninsubstanzen, ebenso den Moosen. In den Gefäßbündeln der Gefäßkryptogamen (Pteridophyten) scheinen sie aber regelmäßig vorzukommen.

Wie bekannt ist die Stärke ebenfalls außerordentlich weit im Pflanzenreich verbreitet, fast jede grüne Pflanze enthält in dem einen oder andern ihrer Teile stets oder doch zu gewissen Zeiten Stärke. Die große Regelmäßigkeit, die sich in der Morphologie der Stärkekörnchen bestimmter Pflanzen und Pflanzenteile zeigt, kann sehr häufig für die Charakteristik von Pflanzenteilen, z. B. von Rinden, ja selbst Fasern usw. benutzt werden. In jugendlichen Geweben fehlen Zucker und Dextrin nie. In den Rohstoffen des Pflanzenreichs kommen sie außerordentlich häufig, wenn auch manchmal nur in kleiner Menge vor; und zwar nicht nur in Rohstoffen mit zelligem Bau, sondern auch in strukturlosen Pflanzenstoffen, z. B. in manchen natürlichen Gummiarten. — Eine fast nicht weniger große Verbreitung im Pflanzenreich weisen die Gerbstoffe auf, und nicht nur in jugendlichen, sondern auch in alternden Geweben hat man ihre Gegenwart nachgewiesen. Die Gerbstoffe bilden allerdings keine einheitliche chemische Gruppe, wie etwa die Fette, welche sich durchaus als Glyzeride zu erkennen geben. Gerbstoff ist vielmehr ein empirischer, aber praktisch wertvoller Begriff, indem man alle Substanzen, die die Haut in Leder verwandeln oder die durch Leimlösung gefällt werden, als Gerbstoffe betrachtet. Diese Körper haben ferner die Eigenschaft, durch Eisenchlorid blau oder grün gefärbt zu werden. Es scheint, als verbergen sich hinter dem, was man bei histochemischen Nachweisen als eisengrünenden oder als eisenbläuenden Gerbstoff bezeichnet, und was man in allen Arten von Geweben, in Oberhaut, Par-

enchym, Sklerenchym, Kambium, selbst im Periderm- und Holzgewebe usw. aufgefunden hat, — häufig Querzetin, Querzitrin, Querzetinsäure und noch andere Körper. Die außerordentliche Verbreitung der Gerbstoffe im Pflanzenreich erklärt uns nicht nur die große Zahl von Gerbmaterialien, sondern auch ihre große morphologische Verschiedenartigkeit. Denn nicht nur Blätter, Rinden, Gallen und Wurzeln, sogar Holz und manche Früchte können zum Gerben verwandt werden; ja selbst gewisse Blüten (Gewürznelken) hat man in früherer Zeit ihres hohen Gerbstoffgehalts wegen zum Schwarzfärben verwandt.

Auch die ungemein große Verbreitung des Chlorophylls im Pflanzenreich soll hier nicht unerwähnt bleiben. Viele Rohstoffe, die aus jungen Stengeln oder Blättern bestehen, enthalten Chlorophyll. Aber auch in manche abgeleiteten Rohstoffe geht dieses über, z. B. in manche Öle. Die grünen Olivenöle gehören zu den besten Sorten dieses Produkts. Sie enthalten Chlorophyll, das sich darin durch die rote Fluoreszenz und spektroskopisch nachweisen läßt.

Zu den allerverbreitetsten chemischen Individuen, die im Pflanzenkörper vorkommen, gehören die Eiweißstoffe. Jede Pflanzenzelle führt Eiweiß zum mindesten in ihrem Protoplasma, und Protoplasmareste finden sich selbst in abgestorbenen Pflanzenzellen außerordentlich häufig vor. Aber auch in den Zellsäften sind Eiweißkörper häufig aufgelöst enthalten. Als Aleuron findet sich das Eiweiß in Form von Körnchen bestimmter Größe und Gestalt (Aleuronkörner, Proteïnkörner) in allen Samen, reichlich in allen fetthaltigen Samen vor. Manche Eiweißkörper (z. B. das Vitellin) treten in manchen Pflanzengeweben, häufig in Aleuronkörnern, in Form von Kristallen auf. Alle Eiweißkörper geben bestimmte Reaktionen, durch die man ihre Gegenwart auch mikrochemisch nachweisen kann. — Auch die den Eiweißkörpern nahe stehenden ungeformten Enzyme finden sich in vielen Rohstoffen, vor allem in Samen, aber auch in manchen andern wurden sie in neuester Zeit aufgefunden, z. B. in allen Gummiarten, in vielen, vielleicht allen Gummiharzen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Enzyme mit der Entstehung der Gummiarten und der Gummiharze im Zusammenhang stehen. Die Enzyme verleihen den Rohstoffen Eigenschaften, die zu deren Charakteristik häufig mit Vorteil herangezogen werden können.

Zu weitverbreiteten Pflanzenstoffen zählen ferner Fette, ätherische Öle, Harze und Farbstoffe. In Rohstoffen, aus denen diese Körper im großen dargestellt werden, treten diese Substanzen massenhaft auf, aber sie finden sich außerordentlich häufig auch in Rohstoffen, die ganz anderen Zwecken dienen, entweder als für die technischen Eigenschaften des betreffenden Rohstoffes ganz indifferente Begleitstoffe oder als Körper, die bestimmte technische Eigenschaften des Rohstoffes bedingen. So sind, um nur ein bezeichnendes Beispiel zu erwähnen, die Zellhäute des Korks mit einem talgartigen Fett durch und durch imprägniert, wodurch sich die Undurchdringlichkeit dieses Körpers für Wasser und manche andere Flüssigkeiten erklärt. In manchen Fällen lassen sich diese Begleitstoffe in der Charakteristik der betreffenden Rohstoffe mit Vorteil verwenden.

Endlich sei hier noch des Kalziumoxalats als häufigen Pflanzenbestandteils gedacht. Es tritt nicht nur ungemein häufig in den Pflanzengeweben und vegetabilischen Rohstoffen auf; es nimmt in den verschiedenen Pflanzenarten und deren Geweben häufig eine bestimmte Kristallgestalt an, so daß es dann für die Charakteristik der betreffenden Rohmaterialien (Rinden, Holzarten, Fasern) einen diagnostischen Wert besitzt.

Unsre heutigen Kenntnisse über die Chemie der Pflanzengewebe deuten darauf hin, daß die chemische Zusammensetzung der Gewebe viel komplizierter ist, als aus den gewöhnlichen Massenanalysen der Pflanzenteile hervorzugehen scheint. Die vegetabilischen Rohstoffe, besonders die strukturierten, dürften deshalb von einer großen Zahl chemischer Individuen zusammengesetzt sein, wie auch alle sorgfältigen chemischen Untersuchungen von solchen Pflanzenstoffen vermuten lassen, die scheinbar nur aus wenigen Gemengteilen bestehen. So enthält jedes kleinste Fragment einer verholzten Zellmembran

neben Zellulose noch Vanillin, Koniferin, zwei oder mehrere Gummiarten, ferner einen bisher noch nicht näher definierten Körper, der sich durch Salzsäure gelb färbt, stickstoffhaltige Substanzen, darunter auch Eiweiß, und nach den Eigenschaften des Stoffkomplexes, den man als »Lignin« zusammenfaßt, gewiß noch andere organische Körper, endlich Mineralbestandteile, darunter, wie die Analysen des Holzes lehren, stets Sulfate, Phosphate, Chloride von Kalium, Kalzium, Magnesium und Eisen.

IV. Die Entwicklung der technischen Rohstofflehre.

Die ersten Anfänge von auf gewerblich benutzte Rohstoffe Beziehung nehmenden Kenntnissen liegen weit zurück, lassen sich aber bei dem noch vielfach unvollkommenen Stande der Kulturgeschichte noch nicht genügend erkennen. Aber so viel ist gewiß, daß alle Völker der Erde, nachdem sie die primitivsten Stadien ihrer Entwicklung hinter sich hatten, bestrebt waren, verschiedene Produkte des Mineral-, Pflanzen- und Tierreichs, wie Steine, Holzarten, Pflanzen- und Tierfasern, Harze, Fette und andere von der Natur dargebotene Erzeugnisse des täglichen Gebrauchs näher kennen und von anderen ähnlichen Objekten unterscheiden zu lernen. Rohe empirische Kenntnisse eigener und später auch fremder Gebrauchsgegenstände zeigen sich schon im Aufkeimen der Kultur jedes Volkes.

Die erste Entwicklung der Kenntnisse von den Rohstoffen zu verfolgen ist eine wenig verlockende Aufgabe, da es sich nur darum handeln könnte, aus unserm sehr mangelhaften Wissen über die Geschichte der Rohstoffe das herauszulesen, was auf die Unterscheidung der Rohmaterialien Beziehung hat.

Unser Interesse an der Entwicklung der Rohstofflehre hebt erst dort an, wo das Bestreben sich kundgibt, die Rohstoffe nach wissenschaftlichen Grundsätzen zu betrachten und ihre zusammenfassende Darstellung anzustreben.

Eine solche wissenschaftliche Bearbeitung und zusammenfassende Darstellung haben zuerst die medizinisch benutzten Rohprodukte der Naturreiche gefunden, so daß die Rohstofflehre des Pflanzenreichs mit einer Lehre von den Arzneistoffen des Pflanzenreichs beginnt.

Der erste Anfang einer Pharmakognosie des Pflanzenreichs fällt in das erste Drittel des sechzehnten Jahrhunderts. Den Anstoß zur Organisierung dieser Disziplin gab Venedig, das im Mittelalter den Drogenmarkt beherrschte. Von Venedig ging der Gedanke aus, einen pharmakognostischen Lehrstuhl, »Lectura Simplicium« zu schaffen, also eine Lehrstelle, die den Zweck hatte, in das Studium der medizinisch benutzten Rohstoffe der Naturreiche, namentlich des Pflanzenreichs, einzuführen. Die Republik Venedig bestimmte im Jahre 1533, daß dieser Lehrstuhl auf ihrer Universität in Padua errichtet werde, und berief auf ihn den Arzt Francesco Buonafede.

Die Pharmakognosie entwickelte sich weiter, blieb aber lange innerhalb ihrer natürlichen Grenzen und gab erst am Ende des achtzehnten Jahrhunderts den Anstoß zu einer allgemeinen Warenkunde, die nicht nur die medizinisch, sondern auch die gewerblich benutzten Handelsprodukte — vornehmlich Rohstoffe — in ihren Bereich zog.

Aus dieser allgemeinen Warenkunde, in der die Pharmakognosie befruchtend auf die Lehre von den gewerblich benutzten Waren einwirkte, hat sich nach und nach die technische Rohstofflehre als selbständige Disziplin abgegliedert, wie, mit Beziehung auf die technische Rohstofflehre des Pflanzenreiches, auseinandergesetzt werden soll.

Die Entwicklung der Rohstofflehre des Pflanzenreichs vom Ende des 18. Jahrhunderts an bis zum Anfang der siebziger Jahre des 19. Jahrhunderts. Als das Bedürfnis, die Rohstoffe vom wissenschaftlichen Standpunkt aus und selbstverständlich mit Rücksicht auf ihre praktische Anwendung näher kennen oder doch wenigstens genauer unterscheiden zu lernen, erwachte, genügte es, daß einzelne, mit naturgeschichtlichen Kenntnissen ausgerüstete Männer die gesamte Bearbeitung aller praktisch verwerteten Rohstoffe, mochten sie dem Tier-, Pflanzen- oder Mineralreich entstammt sein, in die Hand nahmen. Durch die Bemühungen

dieser Gelehrten, deren Verdienst nicht verkannt werden sollte, wenn uns auch der Standpunkt, den sie einnahmen, heute gänzlich veraltet erscheinen muß, entstand die Naturgeschichte der Rohstoffe (histoire naturelle des drogues) oder, wie sie der deutsche Begründer dieses Gebietes nannte, die Warenkunde.

Dieses Bedürfnis erwachte aber erst, als der Handel sich ausbreitete und Produkte der verschiedensten Art, aus den verschiedensten Ländern dem Gewerbe und überhaupt dem Gebrauch im größeren Maßstabe zuführte. Als jene große Zahl von Waren, die man auch heute noch mit dem Ausdruck der Kolonialprodukte belegt, in den Handel eintraten, sammelte man die verschiedenen Nachrichten über ihre Herkunft, die Erfahrungen über ihre Benutzung, die Namen, die sie in den verschiedenen Ländern führten usw.; und so entstand, indem man diese Daten mit den analogen, an bei uns längst benutzten Stoffen gesammelten Erfahrungen verschmolz, die Warenkunde.

Am genauesten lernte man mit dem Fortschreiten auf diesem Gebiet, wie schon vorher näher auseinander gesetzt wurde, in allen diesen Beziehungen die zu medizinischen Zwecken benutzten Handelskörper kennen; nicht so sehr deshalb, weil eine ungenügende Kenntnis Verwechslungen zur Folge haben konnte, welche Leben und Gesundheit der Menschen hätten gefährden können, sondern vielmehr, weil sich mit diesen Stoffen Ärzte beschäftigten, die damals gewiß viel genauere naturwissenschaftliche Kenntnisse besaßen, als die Gewerbetreibenden, denen doch zum mindesten die empirische Ermittlung der Kennzeichen und Eigenschaften der technisch verwendeten Rohstoffe zufiel. Dieses Mißverhältnis im naturwissenschaftlichen Bildungsgrad der Personen, die naturgemäß die ersten praktischen Kenntnisse der Rohstoffe zu schaffen berufen waren, erklärt uns die jedenfalls sehr merkwürdige Erscheinung, daß die pharmazeutische Warenkunde sich rasch entwickelte und alsbald als Pharmakognosie eine tiefe wissenschaftliche Begründung erfuhr, während der sich mit den gewerblichen Rohstoffen beschäftigende Teil der Warenkunde, obgleich ausgedehnter und eine entschieden wichtigere Materie betreffend, sehr stark zurückblieb.

Den ersten Versuch, auch das Gebiet der gewerblichen Waren gründlicher zu bearbeiten und durch Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden zum mindesten auf jene Höhe zu bringen, welche damals schon die pharmazeutische Warenkunde einnahm, unternahm Beckmann in Göttingen, durch seine 1793 beginnenden Veröffentlichungen über Warenkunde. Er ist zweifellos als der Begründer der gewerblichen Warenkunde anzusehen, wie es nunmehr festgestellt ist, daß er auch als Begründer der Technologie angesehen werden muß. Alle von ihm herrührenden Abhandlungen über gewerblich benutzte Waren sind mit solcher Gründlichkeit und mit so genauer Kenntnis der zu berücksichtigenden Literatur abgefaßt, daß sie auch heute noch zu dem Besten zählen, was die technische Warenkunde aufzuweisen hat. Vor allem verdient hervorgehoben zu werden, daß Beckmann alle nicht auf eigenen Beobachtungen aufgebauten, in seinen Arbeiten enthaltenen Angaben auf Quellen zurückführte, was leider seine Nachfolger unterließen. Durch Vernachlässigung der Literaturangaben verliert aber jede, ganz oder zum Teil auf fremden Beobachtungen und Erfahrungen beruhende Arbeit ihren Wert, weil die Angaben nicht kontrollierbar gemacht sind. Die Seichtheit der späteren warenkundlichen Literatur hat hauptsächlich in diesem Zusammenschreiben aus andern Schriften ihren Grund. Beckmanns Werk über Warenkunde enthält eine Reihe lose zusammenhängender Abhandlungen über technische Waren des Tier-, Pflanzen- und Mineralreichs. Nach seiner eigenen Aussage bearbeitete er die einzelnen Materien je nach der sich ihm darbietenden Gelegenheit; und wenn auch keins der von ihm beschriebenen Objekte für Handel und Industrie bedeutungslos gewesen ist, so sollte das Werk doch kein systematisch durchgearbeitetes, alle wichtigeren Waren zur Sprache bringendes Ganzes bilden. So wenig vollständig nun Beckmanns Werk über Warenkunde selbst für die damalige Zeit auch war, so enthält es doch gewissermaßen in unsichtbaren Linien die

Grundzüge der Warenkunde; denn wenn man die in seinem Werk enthaltenen Abhandlungen genauer durchnimmt, so erkennt man, daß die Auswahl der behandelten Waren so getroffen wurde, daß fast alle Typen darin ihre Vertretung finden.

Wenn man die Werke über Warenkunde zur Hand nimmt und kritisch durchgeht, die nach Beckmanns bahnbrechender Arbeit bis etwa zur Mitte der siebziger Jahre des 19. Jahrhunderts geschrieben wurden, so muß man erstaunt sein über die geringen Fortschritte, die dieses Gebiet in einem so langen Zeitraum machte, in dem doch die Methoden naturwissenschaftlicher Forschung eine so außerordentliche Vervollkommnung erfuhren. Die Zahl der Rohwaren und Fabrikate, die in diesen Werken zur Sprache kommen, ist zwar enorm gewachsen; man gehe nur die bekannten Schriften von Schedel, Hauke und andern durch und beachte die große Reihe von Waren, die darin beschrieben werden, vergleiche aber ihren Inhalt mit Beckmanns Werk und wird gewiß bald zur Einsicht kommen, daß durch die neueren Schriften wohl der Umfang des Gebietes außerordentlich gewonnen hat, nicht aber die Schärfe der Charakteristik und die Genauigkeit der Herleitung der Waren. Viele Angaben der genannten Werke lassen sich mit aller Bestimmtheit auf Beckmanns Arbeiten zurückführen. Doch läßt sich mit Leichtigkeit nachweisen, daß nicht alle Schriftsteller über Warenkunde sich die Mühe nahmen, auf Beckmanns klassische Arbeit zurückzugehen, vielmehr schrieb jeder seinem unmittelbaren Vorgänger nach und fügte noch mancherlei, was er eben zufällig in naturgeschichtlichen, chemischen oder technologischen Werken und in Zeitschriften fand und das in näherem oder entfernterem Zusammenhang mit der abzuhandelnden Materie stand, meist ohne Kritik, manchmal ohne näheres Verständnis, stets ohne Quellenangabe hinzu. Wichtige Angaben über Abstammung von Waren, seit Dezennien in den Floren der Tropenländer enthalten, vermißt man selbst in den am Ende der hier ins Auge gefaßten Periode erschienenen Werken über Warenkunde und begegnet immer wieder den alten Irrtümern. Die für die Warenkunde so fruchtbringende mikroskopische Untersuchungsmethode wurde in den meisten dieser Werke gänzlich vernachlässigt; einzelne Werke nehmen bei Stärke, Fasern, Holz allerdings einige mikroskopische Kennzeichen auf, aber der Wert dieser Daten ist wohl nicht hoch anzuschlagen, da sie durchweg ohne wissenschaftliche Deutung vorgetragen werden und nicht selten fehlerhaft sind. Ein großer Teil dessen, was diese Bücher über Warenkunde enthalten, hatte gar keinen spezifischen Wert, gehört nämlich gar nicht in diese Werke hinein, so die Beschreibung der Pflanzen, die die Waren liefern. Die Warenkunde hat die Aufgabe, nicht die Baumwollpflanze, sondern die Baumwolle kennen zu lehren. Jeder, der sich für die technischen oder sonstigen Nutzpflanzen interessiert, wird über sie in der so reichen botanischen und landwirtschaftlichen Literatur genügende Aufschlüsse erlangen können.

Für den Kaufmann mag ja eine solche Literatur viel Belehrendes über Naturgeschichte und Technologie enthalten haben; ihm mögen die flüchtigen Beschreibungen der Waren auch genügt haben, und die Angaben der Verwendungsarten willkommen gewesen sein; ein wahrer Nutzen für den wissenschaftlich gebildeten Techniker ist nicht darin zu erblicken.

Die technologischen Werke und Abhandlungen aus der ins Auge gefaßten Periode stützen sich in den die technisch verwandten Rohwaren betreffenden Teilen freilich häufig auf die sehr oberflächlichen Daten der Warenkunde; es ist aber nicht zu verkennen, daß die chemische Seite dieses Gegenstandes häufig sehr sachgemäß durchgeführt, auch der mikroskopischen Charakteristik ein größeres Feld eröffnet wurde. Manche Rohstoffe, die nicht Handelsprodukte sind, und die deshalb die Warenkunde nicht abhandelt, wie Runkelrübe, Zuckerrohr und viele andere, sind, weil es notwendig war, sie von Grund auf zu beschreiben, häufig korrekt und dem heutigen Standpunkt der Naturwissenschaften ziemlich angepaßt bearbeitet. Aber so reich die gesamte Technologie an genauen wissenschaftlichen Begründungen von Fabrikationsprozessen ist, und wie sehr auch der maschinelle Teil

einzelner Fabrikationszweige sich vervollkommnet hat: die Lehre vom Rohstoff bildet keineswegs die starke Seite der Technologie.

Die Betrachtung der pharmakognostischen Literatur wird zeigen, welche Bereicherung aus ihr der technischen Rohstofflehre des Pflanzenreichs erwuchs.

Die Pharmakognosie oder, wie man die Lehre von den medizinisch benutzten Rohstoffen auch nannte, die pharmazeutische Warenkunde, hat für die Kenntnis der technisch angewandten Pflanzenstoffe mehr geleistet als die gewerbliche Warenkunde und die Technologie, und zwar aus zweierlei Gründen: erstens, weil viele der medizinisch benutzten Rohstoffe auch eine technische Verwendung finden, wie arabisches Gummi, Terpentin, Elemi, Mastix, Kopaivabalsam, Katechu, Gambir, mehrere Stärkesorten, Eichenrinde usw.; die gründliche Bearbeitung, die diese Körper durch die Forschungen der Pharmakognosten erfahren haben, sind auch der Lehre von den technischen Rohstoffen zugute gekommen. Zweitens, weil die sorgfältige wissenschaftliche Bearbeitung, besonders die Charakterisierung der medizinisch benutzten Drogen auch für die methodische Bearbeitung der technischen Rohstoffe ein wahrhaft nachahmenswertes Vorbild darbot. Die Beschreibung und Charakterisierung der Chinarinden, wie sie von Weddel, Howard, H. Karsten, A. Vogl durchgeführt wurde, mag den Botaniker, der technisch verwendete Rinden bearbeiten will, lehren, wie man Rinden zu beschreiben hat, die von Schleiden, Berg und anderen durchgeführten Beschreibungen offizineller Wurzeln und Rhizome sind auch für die technische Rohstofflehre mustergültig. Flückigers Pharmakognosie des Pflanzenreiches mag jeder, der das Verhältnis zwischen dem Geist der Pharmakognosie und dem der allgemeinen Warenkunde in dem genannten Zeitraum kennen zu lernen wünscht, zur Hand nehmen und mit dem verhältnismäßig besten Werk über letztere vergleichen. Die Pharmakognosten haben häufig auch Substanzen beschrieben, die, wie Quillajarinde, Kork, Kautschuk und andere, streng genommen mehr in das technische als in das medizinische Gebiet gehören. Durch die Beschreibungen dieser Körper hat die technische Rohstofflehre des Pflanzenreiches eine unerwartete Bereicherung erfahren, die um so mehr Beachtung verdient, als alle diese Waren in den Werken über allgemeine oder gewerbliche Warenkunde und Technologie weniger gründlich abgehandelt wurden. Es versteht sich von selbst, daß die Bearbeitung medizinisch benutzter Drogen, die, wie etwa die Chinarinde, jetzt auch allerdings wieder für therapeutische Zwecke fabrikmäßig verarbeitet werden und somit auch wichtige Gegenstände der technischen Rohstofflehre geworden sind, schon ohne weiteres der technischen Rohstofflehre zugute kommt. Ohne daß weitere Untersuchungen über diese Körper angestellt zu werden brauchen, kann der Schriftsteller über technische Rohstofflehre die Ergebnisse der pharmazeutischen Forschung in seine Arbeiten aufnehmen und braucht aus dem reichen Material nur das auszuwählen, was für den Techniker wissenswert ist.

Was die botanische Literatur betrifft, so ist es wohl kaum nötig, genauer zu erörtern, daß die pflanzliche Rohstofflehre von den Fortschritten der Botanik fast ganz abhängig ist, indem sie ja auf dieser Wissenschaft fußt. Es wurde schon oben erörtert, wie wichtig die Kenntnis der Pflanzen, die Materialien für unsere Gewerbe liefern, für die Rohstofflehre ist. Will man Pflanzenteile beschreiben, so müssen doch zuerst die Pflanzen selbst beschrieben sein. Die botanische Kenntnis der Nutzpflanzen ist als Hilfsmittel für die Rohstofflehre um so wichtiger, als die Antwort auf die Frage: was für ein vegetabilischer Rohstoff ist dieser oder jener fragliche Körper, sich nicht präziser als durch Angabe der Pflanze und des Pflanzenteils, von dem er abstammt, geben läßt. Unsre ganze Kenntnis von diesen Rohstoffen hinge in der Luft und wäre nicht zu einer exakten Lehre zu gestalten, wenn die Stammpflanzen nicht systematisch fixiert wären. Mit den Nutzpflanzen als solchen hat aber die Rohstofflehre nichts zu schaffen. Für sie genügt es völlig, wenn die Pflanze, der ein Rohstoff entstammt, ermittelt ist. Sollte dennoch zur Lösung mancher Frage die Beschreibung einer Stammpflanze erwünscht sein, dann hat man sich an die beschreibende Botanik zu wenden, die hierüber gewiß die bestmög-

liche Auskunft geben wird. Die Beschreibung von Nutzpflanzen ist in Werken über Warenkunde und technische Rohstoffe, wie schon oben erwähnt wurde, gar nicht am Platz.

Welche Wichtigkeit die durch neuere Forschungen so ausgebildete Morphologie der Organe, Gewebe, Zellen und Zellinhaltsstoffe der Pflanzen, also die Anatomie und Histologie der Pflanzen, für die Charakterisierung und Beschreibung der strukturierten, zum Teil auch der für strukturlos gehaltenen rohen Pflanzenstoffe besitzt, ist schon oben genügend erörtert worden. Nach dieser Richtung hat die Botanik der vegetabilischen Rohstofflehre außerordentlich viel vorgearbeitet.

Die Botanik nützt aber der Rohstofflehre nicht nur indirekt durch ihre Systematik und ihre Methoden, sie bringt ihr auch einen Schatz von positiven Kenntnissen entgegen, nämlich Beobachtungen über die Abstammung von Rohstoffen. Beinahe alles, was wir über die botanische Herleitung dieser Körper wissen, haben wir den Bemühungen der Botaniker zu danken. Freilich kann unmöglich verkannt werden, daß die Stammpflanzen der Medizinaldrogen bis jetzt genauer ermittelt wurden, als die jener Gewächse, welche die Gewerbe mit Rohmaterialien versorgen. Dies liegt aber in den persönlichen Verhältnissen der Autoren. Die in fremden Ländern reisenden Botaniker waren meist Ärzte oder doch Personen, deren Studiengang sie mehr mit den Bedürfnissen der Medizin als der Technik bekannt machte. Viele Florenwerke über jene gesegneten Länder, die der europäischen Industrie wichtige Pflanzenstoffe zuführen, sind reich an Beobachtungen über die Abstammung dieser Stoffe. Manche Autoren solcher Werke mit weitem, über die einfache Beschreibung hinausgehendem Blick haben durch ihre Beobachtung auch die Pflanzengeographie und andere Zweige der Botanik gefördert; und gerade bei diesen Autoren, denen auch die Kulturgeschichte vielfache Bereicherung verdankt, findet man sehr wertvolle Aufzeichnungen über die Abstammung von technisch angewandten Pflanzenstoffen. Bekannt dürfte es sein, daß die berühmten Reisewerke Humboldts und Bonplands manche Aufklärung in dieser Richtung enthalten. Von älteren floristischen Arbeiten, die reich an Angaben über technische Nutzgewächse sind, seien nur die wichtigsten Werke von Loureiro, Thunberg, Aublet, Rumphius, Pallas, von späteren und neueren die Werke und Abhandlungen von Roxburgh, Martius, Royle, Miquel, Junghuhn, Schweinfurth, Engler hervorgehoben, zahlreicher anderer hier nicht zu gedenken, über deren Leistungen für die botanische Herleitung der Rohstoffe dieses Buch genügend berichten wird. Alle die Floristen, die Aufklärungen über diesen wichtigen Gegenstand gegeben haben, bereicherten die Kenntnis der Rohstoffe mit Angaben über deren Gewinnungsweise. Wenn man die in ihren Werken enthaltenen Daten über Abstammung und Gewinnung der technischen Rohstoffe des Pflanzenreichs mit dem vergleicht, was die Schriftsteller über allgemeine Warenkunde hierüber vorgebracht haben, so gelangt man zu der Überzeugung, daß sich unter ihnen kein einziger fand, der sich die Mühe gegeben hätte, die botanische Literatur für die Warenkunde nutzbar zu machen.

Von Botanikern, die das ganze Gebiet der pflanzlichen Rohstofflehre systematisch zu bearbeiten strebten, sind für die hier behandelte Periode hauptsächlich drei Männer zu nennen, nämlich Gleditsch, Böhmer und Duchesne. Gleditsch, bekanntlich ein ausgezeichneter Botaniker des achtzehnten Jahrhunderts, hat nebst mehreren Arbeiten über gewerbliche Benutzung der Pflanzen auch eine für die damalige Zeit sehr vollständige Zusammenstellung aller gewerblich und medizinisch benutzten Gewächse gegeben. Eine viel ausgedehntere Arbeit über die technischen Rohstoffe des Pflanzenreiches verdanken wir einem jüngeren Zeitgenossen Gleditschs, dem ebenfalls bekannten und geschätzten Botaniker Georg Rudolph Böhmer, der in seiner technischen Geschichte der Pflanzen (Leipzig, 1794) ein die damalige botanische und technische Literatur vollständig beherrschendes, für die Warenkunde gleich epochemachendes Werk lieferte, wie Beckmanns oben genannte Abhandlungen. Böhmer ist der einzige Botaniker, der den Forderungen der Technologie durch Bearbeitung der gesamten

vegetabilischen in den Gewerben benutzten Rohstoffe vollkommen gerecht wurde. Sein Werk wird in der Rohstofflehre des Pflanzenreichs immer in erster Linie genannt werden müssen als bleibendes Denkmal dafür, daß schon frühzeitig ein Botaniker die Wichtigkeit einer selbständigen Bearbeitung dieser Materie erkannte und sie in einer dem damaligen Standpunkt der Pflanzenkunde vollständig entsprechenden Weise durchführte. Während Wiesner die Literatur der Warenkunde für seine Arbeiten nicht nutzbar zu machen vermochte, hat ihm Böhmers meisterhafte und sorgfältige, gänzlich in Vergessenheit geratene Arbeit bei der Abfassung der ersten Auflage dieses Werkes reichen Nutzen gewährt, und wenn auch im Verlaufe der Jahre die der Industrie zugeführten Rohstoffe des Pflanzenreiches sich sehr vermehrten und sich auch die Methode der morphologischen Untersuchung in einer Weise vervollkommnete, wie sie Böhmer kaum ahnen konnte, so gab ihm doch das Studium seines Werkes viele Anhaltspunkte zu weiteren Nachforschungen, sowohl was die Abstammung als was die Charakteristik und Physiographie der Rohstoffe betrifft. Böhmer führt beispielsweise mehr als fünfzig verschiedene Pflanzenfasern auf, darunter mehrere, die in neuerer Zeit für die europäische Industrie von großer Bedeutung geworden sind und dennoch in den meisten Büchern über Warenkunde entweder ganz unberücksichtigt gelassen oder kaum flüchtig berührt wurden. Abstammung und Gewinnung sind sehr gründlich abgehandelt, die Beschreibungen dieser Fasern hingegen sind nur mangelhaft, woran aber nicht Böhmer, sondern der damalige noch sehr niedrige Stand der histologischen und mikroskopischen Forschung die Schuld trägt. — Duchesne hat in seinem Werk: Repertoire des plantes utiles et des plantes vénéneuses du globe (Brüssel, 1846) die für die damalige Zeit vollständigste Übersicht der nützlichen und auch der technisch wichtigen Gewächse gegeben. Diesem Werke steht im Plan und in der Ausführung Rosenthals Synopsis plantarum diaphoricarum (Erlangen, 1862) sehr nahe. Gewöhnlich begnügt sich Duchesne mit Nennung des französischen und wissenschaftlichen Namens der Nutzpflanzen, mit der Anführung der wichtigsten Synonyme, der Heimat, der Pflanzenteile, die eine Benutzung finden, und welcher Art diese ist. Sehr bedauerlich ist es, daß seine große und mühevolle Arbeit keine Literaturangaben enthält.

Da durch den Feldbau und den Forstbetrieb der Industrie viele Rohstoffe zugeführt werden, so leuchtet ein, daß die land- und forstwirtschaftliche Literatur in der genannten Periode manche wertvolle Daten auch für die technische Rohstofflehre des Pflanzenreichs geliefert hat.

Eine große Bereicherung erfuhr unsere Lehre durch die ausgedehnten und häufig sehr gründlichen, freilich noch lange nicht auf alle Rohstoffe des Pflanzenreichs ausgedehnten Untersuchungen der Chemiker, durch die wir nicht nur mit der beiläufigen chemischen Zusammensetzung vieler rohen Pflanzenstoffe bekannt wurden, sondern auch sehr viele wichtige Aufschlüsse über den chemischen Charakter und über die Konstitution der chemischen Individuen erhielten, die integrierende Bestandteile jener Rohstoffe bilden oder um derenthalben wir sie in der Industrie benutzen.

Nach dieser kurzen Übersicht über alle Wissensgebiete, die Material für eine zu schaffende Lehre von den technisch verwendeten rohen Pflanzenstoffen in dem bezeichneten Zeitabschnitte gegeben haben, wenden wir uns der Besprechung der die vegetabilische Rohstofflehre betreffenden monographischen Arbeiten der genannten Periode zu, absehend von jenen Monographien, die vom Standpunkt des Pharmakognosten aus geschrieben wurden, wie z. B. die großen Arbeiten über Chinarinde, die ja jetzt durch den Umschwung der Industrie auch für den Techniker Bedeutung gewonnen haben.

Je reicher die Literatur eines wissenschaftlichen Gebiets an monographischen Arbeiten ist, als desto höher stehend kann es wohl im allgemeinen angesehen werden. Denn wenn die Monographien auch nicht Zweck der einzelnen Wissenschaften sind, so sind sie doch die besten Mittel zu ihrer Begründung und Vertiefung. Es wäre wohl überflüssig näher auseinanderzusetzen, wie sehr die Erforschung eines be-

stimmten Gegenstandes oder einer Gruppe nahverwandter Objekte gewinnt, wenn sich alle geistigen Kräfte eines Mannes auf sie konzentrieren, und man im Sammeln, Beobachten oder Experimentieren hierüber bis an die äußersten zur betreffenden Zeit vorhandenen Grenzen gekommen ist, wie dies bei monographischen Arbeiten geschieht. Bei der geringen Kenntnis, die wir nach obiger Darlegung über die Rohstoffe des Pflanzenreichs, namentlich in Beziehung auf ihre Kennzeichen und Eigenschaften damals besaßen, wird der Leser an dieser Stelle wohl kaum die Aufzählung vieler und gediegener Monographien über unseren Gegenstand erwarten. Und so verhält es sich in der Tat. Einige kleinere monographische Studien von geringer Wichtigkeit abgerechnet, sind nur wenige einschlägige Monographien, und zwar über Fasern, Farbstoffe, Harze und Holz, in der Literatur der genannten Periode vorhanden.

Eine höchst wichtige Arbeit über die indischen Pflanzenfasern verdanken wir dem Botaniker Royle. Welcher reiche Schatz von Beobachtungen über Abstammung, Gewinnung und Eigenschaften indischer Faserstoffe darin enthalten ist, wird im Abschnitt Fasern zur Genüge dargetan. Leider ist Royle in seiner großen verdienstlichen Arbeit auf die so wichtige Charakteristik der Pflanzenfasern nicht eingegangen. Auch Squiers Schrift über die tropischen Fasern ist als eine Bereicherung unserer Literatur anzusehen, wenn sie auch gegen Royles Buch, sowohl was Umfang als was Gründlichkeit der Bearbeitung anlangt, zurücksteht. H. Schachts bekanntes Buch über die Erkennung von Gespinstfasern (Berlin, 1853) ist ein sprechender Beweis für den Wunsch der Techniker nach derartigen wissenschaftlichen Hilfsmitteln, wie der vielfachen Benutzung dieser Schrift seitens der Technologen zu entnehmen ist. Es ist auch die erste Wirkung des eindringlichen Mahnrufes Schleidens gewesen, der in seinen berühmten »Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik« gegen die zeitgenössischen Botaniker den Vorwurf der gänzlichen Vernachlässigung der technischen Seite ihres Faches erhob. Schon in dieser Beziehung, als erster Versuch, die inzwischen mächtig herangewachsene histologische Untersuchungsmethode und damit das Mikroskop im Dienst der technischen Wissenschaften zu gebrauchen, ist Schachts Buch von Bedeutung. Es beschränkte sich aber leider fast ganz auf die allergemeinsten europäischen Spinnstoffe und verfiel bezüglich der neueren tropischen Faserstoffe trotz spärlicher Daten in mancherlei Irrtümer. Später hat Wiesner einzelne Pflanzenfasern mit monographischer Ausführlichkeit bearbeitet.

Über Pflanzenfarbstoffe existieren zahlreiche ältere monographische Arbeiten, sie wurden jedoch alle von Bancrofts in der Geschichte der Färberei epochemachendem Werk (Untersuchungen über die Natur der beständigen Farben [Neues englisches Farbenbuch]. Deutsch von Buchner, Kurrer und Dingler. Nürnberg 1817—1818) in einer Weise überholt, daß sie einen Vergleich mit dieser umfangreichen und gründlichen Bearbeitung der in der Färberei benutzten Rohstoffe nicht auszuhalten vermögen. Bancrofts Werk bespricht nicht nur die Farbmaterialien, deren Einführung in die Färberei dem Autor selbst zu danken ist, wie z. B. die für die Industrie so bedeutungsvoll gewordene Querzitronrinde, sondern alle anderen bis dahin bekannt gewordenen Rohstoffe für die Färberei; sein Werk darf einen um so höheren Wert beanspruchen, als es mit sehr gewissenhafter Benutzung der vorhandenen Literatur abgefaßt ist, alle von fremden Autoren herrührenden Daten auf Quellen zurückgeführt sind, und als der Verfasser auf seinen großen Reisen vielfach Gelegenheit hatte, Beobachtungen über Abstammung und Gewinnungsweise der behandelten Rohstoffe anzustellen.

Die technisch verwandten Gummiarten, Harze und Balsame hat Wiesner in einer besonderen Monographie (Die technisch verwendeten Gummiarten, Harze und Balsame. Erlangen 1869) behandelt.

Über das große und wichtige Kapitel der technischen Rohstofflehre, welches sich mit dem Holz beschäftigt, gibt es aus dem genannten Zeitraum zahlreiche monographische Arbeiten, die von Botanikern, Forsttechnikern und Physikern herrühren und je nach der Forschungs-

richtung der Autoren einen sehr verschiedenen Charakter haben. Die bedeutungsvollsten einschlägigen Monographien sind Du Hamels auch in die deutsche Sprache übertragene Naturgeschichte der Bäume, Chevandiers und Wertheims berühmte Arbeit über die physikalischen Eigenschaften der Holzarten und Nördlingers bekanntes ausgezeichnetes Buch über die technischen Eigenschaften der Hölzer. Über die für die Unterscheidung der Holzarten das denkbar Sicherste leistende morphologische Charakteristik liegt bezüglich des Zeitraumes, der hier in Betracht kommt, keine zusammenfassende Arbeit vor. Aber die gewerblich benutzten, auch medizinisch verwandten Holzarten wurden von den Pharmakognosten einer gründlichen wissenschaftlichen Bearbeitung unterzogen, und einzelne ausschließlich technisch gebrauchte Hölzer wurden schon damals mikroskopisch charakterisiert (Wiesner, Technische Mikroskopie [1867]).

Dieser kurze Überblick zeigt, daß einzelne Materien allerdings schon sehr gründlich bearbeitet waren, daß sich aber auf dem ganzen Gebiet und zwar nach jeder der oben angegebenen Richtungen große Lücken vorfanden, daß namentlich die Darlegung der Eigenschaften der Rohstoffe noch sehr wenig gediehen war und ihre exakte Charakteristik sich noch in den Anfängen befand.

Weiterentwicklung der technischen Rohstofflehre des Pflanzenreichs vom Anfang der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Innerhalb der letzten Dezennien haben alle Zweige dieser Lehre sich lebensvoll weiter entwickelt und es entspricht nur den Tatsachen, wenn man behauptet, daß erst in dem genannten Zeitraum dieser Zweig der technischen Wissenschaften zum Aufschwung gelangte und sich ein richtiges Verhältnis zwischen den Forderungen der Industrie und einer wissenschaftlichen Würdigung der technisch verwandten Pflanzenstoffe hergestellt hat. Im Hinblick auf die Rohstoffe des Tierreichs ist die Lehre von den technischen Pflanzenstoffen als die fortgeschrittenere anzusehen; aber es steht zu erwarten, daß, wie die Pharmakognosie auf die technische Rohstofflehre des Pflanzenreiches förderlich gewirkt hat, sie auch eine begünstigende Rückwirkung auf die technische Rohstofflehre des Tierreiches ausüben wird. In einzelnen technischen Gebieten ist diese förderliche Rückwirkung bereits zu bemerken. beispielsweise in der Erforschung der Rohmaterialien der Textilindustrie. Denn es läßt sich klar erkennen, daß das eingehende Studium der pflanzlichen Faserstoffe auf die Erforschung der tierischen und künstlichen Textilstoffe befruchtend gewirkt hat.

Wenn man die jüngste Periode in der Entwicklung der technischen Rohstofflehre des Pflanzenreichs vom Erscheinen der ersten Auflage des vorliegenden Werkes, also vom Jahr 1873 an datiert, so wird man billigerweise darin keine Überhebung erblicken. Die Fortschritte auf dem Gebiete der Technik und der Wissenschaft drängten zu einer umfassenden, einheitlichen Bearbeitung der gesamten in der Industrie angewandten, an Zahl und Bedeutung so sehr gestiegenen Rohstoffe des Pflanzenreichs. Die Anregung zu einem solchen Werk war durch die Verhältnisse gegeben, und es bedurfte nur eines Botanikers, der die Neigung empfand, die Bedürfnisse der Technik durch die Anwendung der bereitliegenden naturgeschichtlichen, namentlich der mikroskopischen Untersuchungsmethoden im ganzen Umfang des Stoffes zu befriedigen. Diese Anregung mußte sich immer mächtiger Geltung verschaffen, je mehr Handel und Industrie vorwärts schritten; sie hat sich auch, wie wir heute sehen, Geltung verschafft; und wenn das vorliegende Werk nicht zustande gekommen wäre, so hätte ein anderes seine Stelle vertreten. Jetzt, wo sich ein längerer Zeitraum seit seinem ersten Erscheinen überblicken läßt, wird zugegeben werden, daß es ein zeitgemäßes Unternehmen gewesen ist.

Daß die erste Auflage dieses Werkes auf die Weiterentwicklung der allgemeinen Warenkunde einen förderlichen Einfluß ausübte, ist nicht nur von zahlreichen Autoren, die innerhalb des genannten Zeitraumes über die Materie schrieben, anerkannt worden; seine Wirkung ist auch in der technischen und bo-

tanischen Literatur an vielen Orten zu bemerken und auch zur Hebung des Unterrichts im Bereich der technischen Warenkunde und technischen Mikroskopie hat es beigetragen.

Nunmehr erscheint die von Schleiden erhobene Forderung: die Botanik sei berufen, auch der Technik zu dienen, erfüllt, nachdem sein mit gewohnter Schärfe ausgedrückter Appell mehr als drei Dezennien hindurch fast ohne Wirkung blieb, und nur einer seiner Schüler, H. Schacht, und einige andere in kurzen Anläufen den Winken des großen Reformators der Botanik folgten.

Welche Fortschritte in der Entwicklung der Rohstofflehre des Pflanzenreichs die letzten Jahrzehnte gebracht haben, drückt sich in einer reichhaltigen, weitverzweigten Literatur aus, die in Verbindung mit eigenen Forschungsresultaten zu verwerten stets die Aufgabe der Verfasser dieses Werks sein muß.

Der Zufluß an neuen diesbezüglichen Erfolgen und Kenntnissen ist so groß geworden, daß eine Übersicht über die Leistungen auf dem Gebiete der pflanzlichen Rohstofflehre an dieser Stelle zu geben nicht möglich ist. Um die Zunahme der literarischen Produktion auf diesem Gebiete zu veranschaulichen, sei angeführt, daß der von Just begründete Botanische Jahresbericht, dessen erster Band fast gleichzeitig mit der ersten Auflage des vorliegenden Werkes zur Ausgabe gelangte, für das Jahr 1873 über sieben, für 1874 über achtunddreißig, für 1876 über dreiundfünfzig botanisch-technische Abhandlungen referierte und heute jährlich über mehrere Hunderte von einschlägigen Arbeiten Bericht erstattet, oder doch auf deren Erscheinen das Augenmerk lenkt. Dieses enorme Anwachsen der botanisch-technischen Literatur macht es erklärlich, daß hier eine übersichtliche Darstellung der Arbeiten auf dem Gebiete der Rohstofflehre des Pflanzenreichs nicht gegeben werden kann, macht es auch begreiflich, daß in dem Werk selbst eine strenge Scheidung der Spreu vom Weizen vorgenommen werden muß, und darf auch als Entschuldigung gelten, wenn ab und zu auch eine brauchbare Arbeit in der Flut der literarischen Erscheinungen übersehen worden sein sollte. Indem wir also bezüglich der neuesten Literatur unseres Gegenstandes auf den Inhalt des Werkes verweisen, sollen doch in dieser Einleitung in wenigen Strichen die neuesten Fortschritte der Lehre von den technisch angewandten Rohstoffen des Pflanzenreichs bezeichnet werden.

Die auf das Praktische gerichteten Untersuchungen müssen sich nach wie vor auf rein wissenschaftlichen Grundlagen aufbauen. In gewissem Sinn bilden demnach die rein wissenschaftlichen Untersuchungen eine Vorarbeit für die praktischen. Die großen Fortschritte, die auf den Gebieten der Histologie und der Mikrochemie der Gewebe gemacht wurden, erleichtern, ja mit Rücksicht auf besondere Fälle muß man sagen ermöglichen die Lösung der einschlägigen technisch-botanischen Fragen. Um nur durch ein paar augenfällige Beispiele dieses Verhältnis von theoretischer Arbeit zur Nutzanwendung in unseren Fragen zu veranschaulichen, sei auf die monographische Bearbeitung hingewiesen, die die Rinden durch J. Moeller (Anatomie der Baumrinden. Berlin 1882) und das Holz durch Solereder (Systematischer Wert der Holzstruktur. München 1885. Ferner Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart 1899) erfahren haben, auf die tiefbegründete Neubearbeitung der Stärke durch A. Meyer (Untersuchungen über die Stärkekörner. Jena 1895), auf die epochemachenden Arbeiten über die Hefe von E. Hansen und seiner Schule. Die Charakteristik der technisch angewandten Rohstoffe wird durch diese und andere rein wissenschaftlichen Arbeiten, wie leicht einzusehen, in hohem Grade gefördert.

Es verdient hervorgehoben zu werden, daß es in neuester Zeit gelungen ist, durch ein Sublimationsverfahren zahlreiche Körper in kleinen Rohstofffragmenten nachzuweisen, deren Anwesenheit morphologisch nicht zu ermitteln ist und deren direkte chemische Nachweisung entweder außerordentlich schwierig oder auch gar nicht möglich wäre. Selbstverständlich handelt es sich hier nur um sublimierbare Substanzen. Diese Methode der Mikrosublimation leistet in vielen Fällen gute Dienste. So

konnte, um ein Beispiel anzuführen, mit ihrer Zuhilfenahme nachgewiesen werden, daß in den unterirdischen Organen der Teepflanze das Theïn vollständig fehlt, dagegen in allen oberirdischen Teilen zu finden ist. Selbst in den Trichomen des Teeblattes konnte durch Mikrosublimation die Gegenwart des Theïns nachgewiesen werden. (Nestler, Der direkte Nachweis des Theïns in der Teepflanze. Jahrbuch des Vereins der Vertreter der angewandten Botanik. Berlin 1903.) Diese Methode hat begreiflicherweise einen hohen diagnostischen Wert und wurde von Nestler, Mitlacher, Tunmann u. a. nach der genannten Richtung auch mit Vorteil angewandt. Weiterhin wurde von R. Eder ein Verfahren angegeben, die Mikrosublimation unter Anwendung des luftverdünnten Raumes zu vervollkommnen. (Über die Mikrosublimation im luftverdünnten Raume. Vierteljahrschrift der Züricher Naturforscher-Gesellschaft 1912.)

Die botanischen Arbeiten der systematischen Richtung haben im letzten Vierteljahrhundert den technischen Nutzpflanzen, namentlich denen der tropischen Gebiete, eine Berücksichtigung und eine Pflege angedeihen lassen, wie sie sie in früheren Epochen nie genossen haben. Die Erwerbung tropischen Kolonialbesitzes durch das Deutsche Reich hat der deutschen Forschung auch nach dieser Richtung mächtige Impulse gegeben. Ich nenne hier vor allem die Bearbeitung der Nutzpflanzen Ostafrikas in dem großen Werke Englers: Die Pflanzenwelt Ostafrikas. Engler und seine Arbeitsgenossen sind in diesem bedeutungsvollen wissenschaftlichen Unternehmen, auf das wir sehr oft zurückkommen werden, mit einer Tiefe und Ausführlichkeit in die Bearbeitung tropischer Nutzpflanzen eingegangen, die der vorangegangenen deutschen Literatur der Botanik noch fremd blieb. Im Zusammenhang damit gedenken wir hier der Hilfe, die die botanischen Gärten bei dem Studium, bzw. bei der Einbürgerung tropischer Nutzgewächse ihren Kolonien leisten. Begreiflicherweise sind in dieser Beziehung die Kew Gardens und der botanische Garten in Buitenzorg vorangegangen; aber der botanische Garten in Berlin hat gleich nach Erwerbung der afrikanischen Kolonien durch Deutschland sein Arbeitsprogramm mit Rücksicht auf das Studium der tropischen Nutzpflanzen erweitert.

Von großer Bedeutung für die Förderung der technischen Rohstofflehre erweist sich die Pflege der tropischen Agrikultur. Die Ausdehnung der Land- und Forstwirtschaftslehre auf die Tropenwelt ist eine der wichtigsten und folgenreichsten Erscheinungen im weiten Gebiete der praktischen Wissenschaften. Die Kenntnisse über rationelle Anpflanzungen in den Tropenländern waren bisher fast nur im Besitz der Pflanzer selbst, lagen sonst sehr zerstreut in einer schwer zugänglichen Literatur, in Reisewerken und in den Veröffentlichungen botanischer Gärten der Kolonien, nirgends systematisch gesammelt und kritisch gesichtet. Den ersten großen Versuch in dieser Richtung hat H. Semler unternommen durch sein Werk: »Die Tropische Agrikultur. Ein Werk für Pflanzer und Kaufleute« (1886—1893). »Schon seit einem Jahrzehnt«, sagt er in der Vorrede, »trage ich mich mit dem Gedanken, den vielen Tausenden meiner Landsleute, die in der heißen Zone den Boden bebauen oder seine Produkte verschiffen, ein Lehrmittel in die Hand zu geben, das ich selbst schmerzlich vermißt habe, als ich mich der gleichen praktischen Tätigkeit zu widmen begann. Was ich persönlich beobachtet und erfahren hatte, schrieb ich nieder und suchte es durch emsigen Sammelfleiß zu vermehren.« In erster Linie kommt Semlers Werk dem Land-, bzw. auch dem Forstwirt der Tropenländer zugute durch eingehende Behandlung über Ansiedlung, Wegbau, Urbarmachung des Bodens, über künstliche Bewässerung und Entwässerung, über die Wachstumsbedingungen der Kulturpflanzen, über Vertilgung von Schädlingen usw.; aber auch die Lehre von den technisch angewandten Rohstoffen des Pflanzenreichs erfährt durch viele Angaben über Erntebereitung, über Eigenschaften und Menge der Produkte eine große Bereicherung Um nur ein einleuchtendes Beispiel anzuführen, sei bemerkt, daß man rücksichtlich der tropischen Faserstoffe früher nur über die Baumwolle ausreichende Daten

in der Literatur vorfand, daß aber über die Erntebereitung andrer wichtiger Gespinstfasern (Jute, Ramie, Sisalhanf, Pite, Manilahanf usw.) vor Erscheinen des Semlerschen Werkes nur sehr fragmentarische und vielfach unsichere oder widersprechende Angaben in einer dazu noch sehr weit zerstreuten Literatur zu finden waren.

Auf die Bedeutung monographischer Arbeiten ist schon in dem Bericht über die ältere Entwicklungsperiode die Aufmerksamkeit gelenkt worden. Unsere neuere Entwicklungsperiode ist relativ noch viel reicher an monographischen Bearbeitungen einzelner Rohstoffgruppen und einzelner Rohstoffe, so daß es ganz unmöglich ist sie hier alle aufzuzählen. Sie werden in den 22 Abschnitten dieses Werks sowohl in der allgemeinen Literatur zusammengestellt, als auch im einzelnen fortwährend zitiert erscheinen.

V. Unterricht und Forschung.

In früherer Zeit bildete die pflanzliche Rohstofflehre nur einen untergeordneten Teil des Unterrichts über chemische und mechanische Technologie. An vielen technisch gerichteten Lehranstalten ist dies auch heute noch der Fall. Dem Lehrer der chemischen und der mechanischen Technologie liegen aber die Methoden des Botanikers meist fern, weil für ihn die rein technologischen Seiten seines Lehrgegenstandes, also die Verarbeitung des Rohstoffs im Vordergrund stehen. Auch ist es ohne weiteres klar, daß die allgemein bildenden Lehrgänge der organischen Chemie und auch die der physikalischen Chemie und der Kolloidlehre sich nicht systematisch, sondern nur in vereinzelten Fällen mit warenkundlichen Fragen beschäftigen.

Andrerseits hat man in neuerer Zeit, besonders an den technischen Hochschulen, der pflanzlichen Rohstofflehre eine selbständigere Stellung eingeräumt. Die technischen Hochschulen Österreichs sind mit gutem Beispiel vorangegangen, indem sie unter dem Namen »technische Warenkunde« ein obligates Lehrfach einführten, das vor allem der technischen Rohstofflehre des Pflanzenreichs dienen soll. Mit diesen Vorträgen ist meist der Professor der Botanik betraut. Ähnlich liegt es an manchen deutschen Hochschulen. Bestimmte Teile der technischen Rohstofflehre finden außerdem in wachsendem Maß eine sowohl naturgeschichtliche als auch forscherische Bearbeitung an den teils frei arbeitenden, teils in mehr oder weniger engem Zusammenhang mit den Hochschulen stehenden Forschungsinstituten, deren in den letzten Jahren des Kriegs eine größere Anzahl in Deutschland und auch eins für Textilien in Wien eingerichtet wurde. Auch die aus diesen Instituten stammenden Arbeiten werden im Text dieses Buches verschiedentlich zu nennen sein.

Alkaloide.

(F. Boas.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	28
I. Charakteristik	28
II. Vorkommen	29
III. Nachweis	30
IV. Chemische Einteilung	31
B. Besonderer Teil	33
1. Kryptogamae	33
2. Taxaceae	34
3. Gnetaceae	34
4. Gramineae	34
5. Palmae	34
6. Colchicaceae einschließlich Liliaceae	35
7. Amaryllidaceae	35
8. Dioscoreaceae	36
9. Piperaceae	36
10. Moraceae	36
11. Aristolochiaceae	36
12. Loranthaceae	36
13. Aizoaceae	36
14. Nymphaeaceae	36
15. Ranunculaceae	36
16. Berberidaceae	37
17. Menispermaceae	38
18. Calycanthaceae	39
19. Lauraceae einschließlich Hernandiaceae	39
20. Monimiaceae	39
21. Papaveraceae	39
22. Cruciferae	40
23. Fumariaceae	41
24. Leguminosae	41
25. Erythroxylaceae	43
26. Zygophyllaceae	44
27. Rutaceae	44
28. Simarubaceae	45
29. Meliaceae	46
30. Euphorbiaceae	46
31. Buxaceae	46
32. Anacardiaceae	46
33. Aquifoliaceae	46
34. Sterculiaceae	46
35. Theaceae	46
36. Caricaceae	47
37. Cactaceae	47
38. Punicaceae	48
39. Myrtaceae	48
40. Umbelliferae	48
41. Symplocaceae	48
42. Loganiaceae	48
43. Apocynaceae	49
44. Asclepiadaceae	50
45. Borraginaceae	50
46. Labiatae	51
47. Solanaceae	51
48. Acanthaceae	53
49. Rubiaceae	53
50. Caprifoliaceae	56
51. Campanulaceae	56
52. Compositae	56
C. Literatur	56
I. Wichtigste Alkaloidliteratur	56
II. Besondere Hinweise	56

A. Allgemeiner Teil.

I. Charakteristik. Unter Alkaloiden versteht man eine große Anzahl stickstoffhaltiger Pflanzenbasen, die meist durch starke physiologische Wirkungen ausgezeichnet sind und sich leicht mit Säuren zu wohlcharakterisierten salzartigen Körpern verbinden. Ein gemeinsames konstitutionelles Merkmal für sämtliche Alkaloide fehlt. Keine der üblichen Alkaloiddefinitionen ist ganz zufriedenstellend. So forderte A. Ladenburg das Vorhandensein eines oder mehrerer Stickstoffatome in einem zyklischen Ringsystem. Doch auch dieser Definitionsversuch ist nicht ausreichend, da die Alkaloide Colchicin, Ephedrin und Narcein (ein Opiumalkaloid) Stickstoff in einer aliphatischen Seitenkette enthalten.

Die Alkaloide sind durch folgende physikalische Eigenschaften ausgezeichnet. Die meisten Alkaloide stellen feste, kristallisierte Körper dar, einige jedoch sind amorph. Flüssig sind Coniin, Arecolin, Nicotin, Pyrrolidin, Hygrin, Spartein, d-Lupanin. Die festen schmecken bitter, die flüssigen scharf brennend, gefärbt sind nur Berberin, Sanguinarin, Corydisalkaloide, Harmalin. Sinapin. Gegen Lackmus sind die meisten alkalisch, sauer reagieren Cocain, Arecaidin, Morphin, Cuprein, Pilocarpin, Coffein, neutral reagieren Trigonellin, Papaverin, Colchicin, Piperin.

Die meisten Alkaloide sind optisch aktiv, und zwar linksdrehend; die Salze zeigen oft ein anderes Drehvermögen als die freie Base. Optisch inaktiv sind wegen Mangels eines asymmetrischen Kohlenstoffatoms Berberin, Papaverin, Colchicin, Coffein, Narcein, Piperin u. a. m. Ob das racemische Atropin in dieser Form in der Pflanze vorkommt,

ist fraglich. Racemisch sind weiter Laudanin, Lupanin und Gonoscopin.

Vermutlich stellen die Alkaloide umgewandelte Überbleibsel des pflanzlichen Stoffwechsels dar. Sie sind demnach synthetische Umwandlungsprodukte der Zerfallsstoffe von Eiweiß, Chlorophyll, Nuclein usw. Der Sinn der Umwandlung der Stoffwechselzerfallsprodukte zu neuen Körpern liegt in einer biologischen Entgiftungsmaßnahme der pflanzlichen Zelle. Man vergleiche hierzu Siedler (a), Winterstein und Trier (b), Gadamer (c) und Tunmann (d).

II. Vorkommen. Die Alkaloide sind hinsichtlich ihres Vorkommens sehr ungleichmäßig auf die einzelnen Stämme und Familien des Pflanzenreichs verteilt. Besonders reich an Alkaloiden sind die Dikotyledonen und hier wieder folgende Familien: Papaveraceen (Opiumalkaloide), Fumariaceen, Ranunculaceen, Solanaceen, Rubiaceen (Chinaalkaloide), Apocynaceen und einzelne Gattungen der Papilionaceen. Arm an Alkaloiden sind die Compositen und frei scheinen die Labiaten und Rosaceen zu sein, die dafür reich an Riechstoffen sind. Bei den Monokodyledonen ist die Colchicaceenfamilie reich an Alkaloiden, von den Gymnospermen sind die Gattungen Taxus und Ephedra zu erwähnen. Bei den Kryptogamen finden sich Alkaloide bei *Lycopodium,* bei Pilzen und hier insbesondere bei dem wichtigen Mutterkorn, hervorgerufen durch einen Pyrenomyceten (*Claviceps purpurea, Sphacelia segetum).*

Meist enthalten systematisch sich nahestehende Arten dieselben oder wenigstens einander nahe verwandte Alkaloide. Selten findet sich dasselbe Alkaloid in verschiedenen Familien oder sogar Verwandtschaftskreisen, wie das Berberin, das in Berberidaceen, Ranunculaceen, Papilionaceen, Caesalpinioideen und Rutaceen, und das Protopin, das in Papaveraceen und Fumariaceen vorkommt. Daß vielfach mehrere miteinander verwandte Alkaloide nebeneinander in derselben Pflanze vorkommen, ist relativ häufig, es sei auf die etwa 23 Opiumalkaloide von *Papaver somniferum* und auf die 24 Chinarindenalkaloide verwiesen.

Die Alkaloide finden sich in den Pflanzen meist an organische Säuren, seltener an Mineralsäuren gebunden. Es kommen insbesondere in Betracht: Gerb-, Oxal- und Apfelsäure, sodann die Chlorogensäure, ein beschränkteres Vorkommen hat Chelidonsäure (bei Chelidonium- und Veratrumalkaloiden), Mekonsäure (Opiumalkaloide), Aconitsäure (Ranunculaceen) und Fumarsäure. Auf die Chinaalkaloide ist die Chinasäure beschränkt und als Chlorogensäure ist eine modifizierte Chinasäure in Pflanzen häufig.

Die Verteilung der Alkaloide auf die einzelnen Pflanzenteile und Organe ist sehr ungleichmäßig. Alle Teile sind z. B. alkaloidhaltig bei *Hyoscyamus niger* und anderen Solanaceen und bei *Conium maculatum.* Vielfach aber ist der Alkaloidgehalt auf bestimmte Organe oder Pflanzenteile beschränkt. So finden sich z. B. Alkaloide:

a) in Früchten und Samen bei der Arekanuß, in Sabadillsamen, in Brechnüssen;

b) in Blättern: Cocablätter, Tabak, Jaborandiblätter;

c) in der Rinde: Cinchona, Quebrachorinde:

d) im Holz: *Coscinium fenestratum;*

e) in der Wurzel: *Veratrum, Aconitum.*

Der Gehalt der Pflanzen an Alkaloiden wechselt. Über den Alkaloidgehalt einiger Pflanzen klärt die folgende Zusammenstellung auf.

Alkaloid	Familie	Gehalt
Coniin	Umbelliferae Conium maculatum	1 % Unreife Samen
Conhydrin	Umbelliferae Conium maculatum	0,01 % Unreife Samen
Piperin	Piperaceae Piper nigrum, P. longum	5—9 % Früchte
Solanaceenalkaloide	Solanaceae	etwa 0,6 % besonders in Wurzeln und Samen
Spartein	Papilionaceae Sarothamnus scoparius (Spartium scoparium)	0,2—0,7 % besonders im März (Herbst weniger)

Alkaloid	Familie	Gehalt
Lupinidin (= Spartein)	Papilionaceae Lupinus luteus L. niger	Samenschalen
Berberin	Berberidaceae Berberis	1,3% Wurzel
Pilocarpin	Rutaceae Pilocarpus pennatifolius	0,6% Blätter
Colchicin	Colchicaceae Colchicum autumnale	0,2% Knolle 0,4% Samen

III. Nachweis. Da die Alkaloide oft schon in kleinster Menge mit einigen Reagenzien unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen geben, so ist der Nachweis der Alkaloide oft relativ leicht. Als die gebräuchlichsten allgemeinen Fällungsreaktionen kommen in Betracht:

Jodjodkaliumlösung (Bouchardats Reagens); Kalium-Wismutjodidlösung (Dragendorff); Kalium-Cadmiumjodidlösung (Marmé); Kalium-Mercurijodid (Mayer); Phosphormolybdänsäure (Sonnenschein); Phosphorwolframsäure (Scheibler); Platin-, Quecksilber- und Goldchlorid; Pikrinsäure, Pikrolonsäure (Knorr); Tannin. Kaliumbichromat, Ferrozyankalium.

Zur Identifizierung wird außer den physikalischen und physiologischen Eigenschaften die Fähigkeit der Alkaloide mit bestimmten Reagenzien Farben zu bilden verwendet. Die gebräuchlichsten Farbreagenzien sind:

Schwefelsäure mit wenig Salpetersäure (Erdmann);

wenig (0,01) Molybdänsäure in 1 ccm konz. Schwefelsäure (Fröhde);

Vanadinsäure in konz. Schwefelsäure (Mandelin);

selenige Säure in konz. Schwefelsäure (Lafon);

Formaldehyd in konz. Schwefelsäure (Marguis);

Chromsäure in konz. Schwefelsäure: Chlorwasser und Ammoniak.

Einige Reaktionen von Alkaloiden mit häufig benutzten Reagenzien zeigt die folgende Übersicht:

Alkaloid	Reine konz. H_2SO_4	Reine konz. HNO_3 1,40 s. G.	Erdmanns Reagens	Fröhdes Reagens	Mandelins Reagens
Aconitin	blaßgelb	—	allmählich gelb werdend	allmählich gelb werdend	bräunlich
Atropin, Hyoscyamin, Scopolamin	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Chinin	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Cinchonin	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Cocain	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Codein	in der Wärme violett	gelb	gelbbraun, dann schmutzig-grün	grün, rasch blau	grün, langsam blau
Curarin	rot	purpurrot	violett	violett	violett
Cytisin	farblos	farblos	orangegelb	farblos	farblos
Morphin	farblos	rotgelb	braunrot, dann braun	violett, dann grün, endlich braungelb	rotviolett, dann blauviolett
Narcein	gelb, dann braungelb	gelb, rasch verblassend	braun, dann über violett schmutzigrot	gelbbraun	violett, dann orangerot
Narcotin	blaßgelb, dann gelbrot	gelb, dann farblos	rot; erwärmt kirschrot	blaugrün, dann grün, endlich rötlichgelb	zinnober, dann karminrot
Solanin	rötlichgelb	farblos	rötlichgelb, dann schmutzigrot, endlich violett	gelbrot, rotbraun, endlich gelb	orange, dann rot, nach einigen Stunden violett
Strychnin	farblos	gelb	farblos	farblos	blauviolett
Veratrin	orange, langsam blutrot	gelb	orange, dann blutrot	gelb, dann kirschrot	gelb, dann kirschrot

IV. Chemische Einteilung.

Die Alkaloide sind vielfach Säureester, gebildet aus Säuren mit Aminoalkoholen, wie Atropin, Cocain, bzw. Säureamiden, wie Piperin oder auch seltener Glukoalkaloide, wie Solanin und Sinalbin. Durch Hydrolyse erfahren diese Alkaloide eine typische Spaltung in die Säuregruppe und in das eigentliche Alkaloidringssystem. Bei anderen Alkaloiden, die nicht Säureester darstellen, tritt durch Hydrolyse eine Spaltung des Moleküls ein, indem namentlich bei aliphatischer Doppelbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen Zerfall des Moleküls in typische Gruppen eintritt; z. B. zerfällt Narcotin bei der Hydrolyse nach folgendem Schema:

$C_{22}H_{23}NO_7 + H_2O + O = C_{10}H_{10}O_5 + C_{12}H_{15}NO_4$

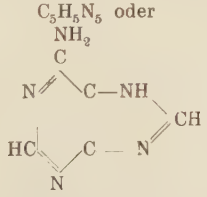
Narcotin — Opiansäure — Cotarnin.

Hydrastin liefert bei der Hydrolyse mit folgender Oxydation:

$C_{21}H_{21}NO_6 + H_2O + O = C_{10}H_{10}O_5 + C_{11}H_{13}NO_3$

Hydrastin — Opiansäure — Hydrastinin

Am Alkaloidkern der meisten Alkaloide findet sich als einzige Alkylgruppe nur die Methylgruppe; dies deutet auf eine besondere Bedeutung des Formaldehyds bei der phytochemischen Synthese der Alkaloide. Beim Erhitzen mit Ätzalkalien oder Kalk geben viele Alkaloide Mono-, Di- und Trimethylamin ab, sie besitzen also eine bis mehrere Methylgruppen an Stickstoff gebunden. Einfacher gebaute Basen, wie die Mutterkornalkaloide, die jedoch keine eigentlichen Alkaloide sind, fügen sich in dieses Schema nicht ein. Die Alkaloide zerfallen in primäre, sekundäre, tertiäre und quaternäre Basen. Eine primäre Base ist Adenin:



(Tee, Hopfen, Maulbeerblätter, Reiskleie)

Sekundäre Basen stellen dar: Pyrrolidin, Coniin, Damascenin, Ephedrin, Nornarcein.

Tertiäre Basen sind die Mehrzahl aller Alkaloide.

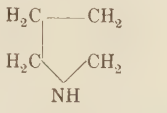
Quaternäre Base: Cholin.

Die meisten Alkaloide sind sauerstoffhaltig. Sauerstoffreie Alkaloide sind z. B. Galegin, Coniin, γ-Conicein, N-Methylconiin, Nicotin, Nicotein, Nicotellin, Nicotimin. Diese Alkaloide sind flüssig. Sauerstofffreie und kristallisierende Alkaloide sind selten. Es sind dies Wrightin, Calycanthin, Ormosin, Aribin.

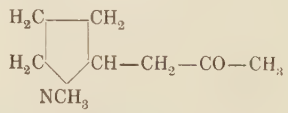
Nur eine geringe Anzahl von Alkaloiden fluoresziert, hier sind insbesondere Chininsulfat (in saurer Lösung), ferner Abrotin aus *Artemisia abrotanum* zu nennen.

Am Aufbau der erforschten Alkaloide sind folgende heterozyklische Ringsysteme beteiligt:

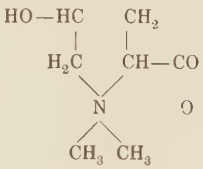
a) Pyrrolidin. Hierher gehören folgende Alkaloide:



Pyrrolidin im Tabak und Opium

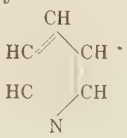


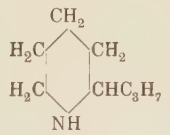
Hygrin in Cocablättern



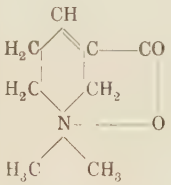
Betonicin

b) Pyridin

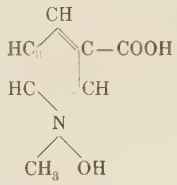




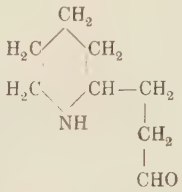
Coniin



Arecolin

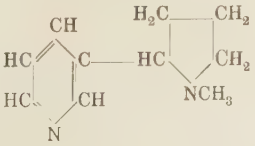


Trigonellin (wasserhaltig)



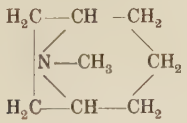
Pelletierin (Punicin, Granatoin), der dem Coniin entsprechende Aldehyd

c) Pyridin — Pyrrolidinderivate: Nicotin

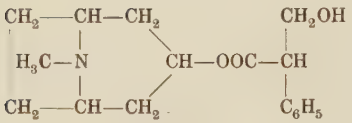


d) Kondensierte Piperidin-Pyrrolidinderivate

α) mit dem Tropinring, z. B. Atropin und Cocain

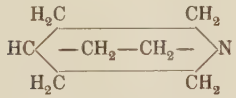


Tropan

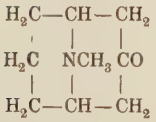


Atropin

β) ähnliche Ringsysteme enthaltend, z. B. Lupinin, Spartein, Pseudopelletierin.

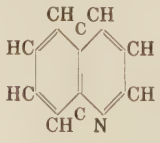


Spartein

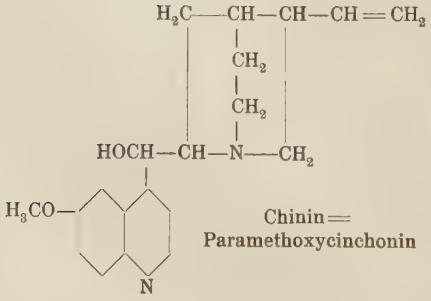


Pseudopelletierin (Methyl-Granatoin)

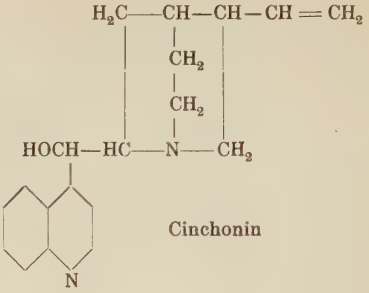
e) Chinolinderivate, z. B. Chinaalkaloide, Strychnin, Brucin, Cytisin. Diese Alkaloide enthalten außer dem Chinolinring noch andere Komplexe.



Chinolin

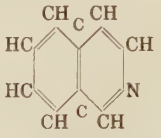


Chinin = Paramethoxycinchonin

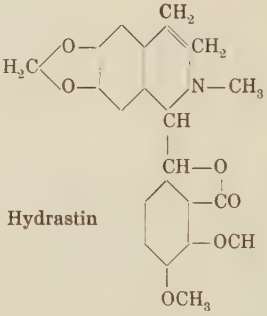


Cinchonin

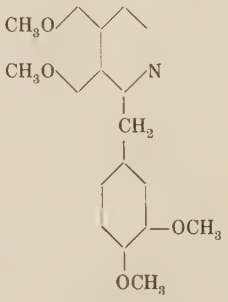
f) Isochinolinderivate, z. B. Opium-, Hydrastis-, Corydalisalkaloide, Glaucin, Dicentrin.



Isochinolin

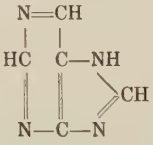


Hydrastin

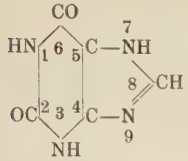


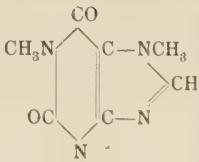
Papaverin

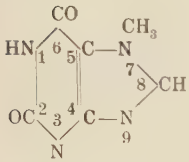
g) Purinderivate, Xanthinbasen

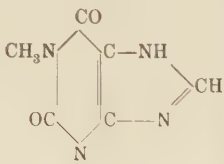


Purin

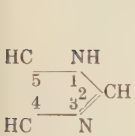

Xanthin

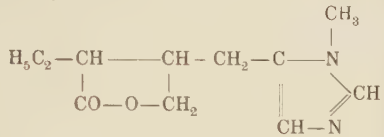

Coffein (Caffein)

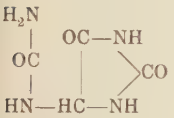

Theobromin

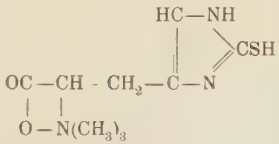

Theophyllin

h) Imidazolderivate, z. B. Pilocarpin, Allantoin, Ergothionin

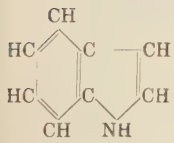

Imidazol (Glyoxalin)

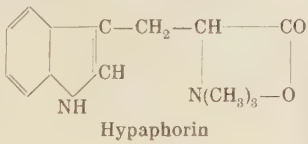

Pilocarpin

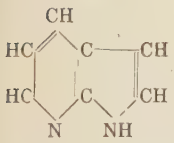

Allantoin

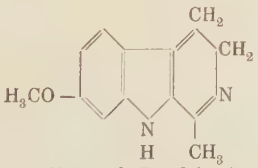

Ergothionin

i) Indolderivate, z. B. Hypaphorin; Pyrindolderivate, z. B. Harmalin.


Indol


Hypaphorin


Pyrindol


Harmalin nach Perkin jun. und Robinson (1)

Daß der Alkaloidgehalt nach Jahreszeit, Düngung, Kulturverhältnissen schwankt, sei hier nur kurz erwähnt. Besonders sei das merkwürdige Verhalten von *Papaver orientale* erwähnt. Diese Pflanze bildet im Frühjahr das morphinähnliche Thebain $C_{19}H_{21}NO_3$, das sich im Herbst in das isomere Apomorphinderivat Isothebain verwandelt. [Gadamer und Klee; Zs. angew. Chemie 26, 625. Über Nicotin vergleiche man die Zusammenstellung von Peters (2).]

B. Besonderer Teil.

1. **Kryptogamen.** Von erheblicher Bedeutung sind die Alkaloide der Dauermyzelien von *Claviceps purpurea* (*Sphacelia segetum*), die als Mutterkorn, *Secale cornutum* bezeichnet werden und sich bei vielen Gramineen finden. Wichtig ist in erster Linie das eigentliche Mutterkorn von *Secale*. Die anderen Arten, die oft viel häufiger sind, sind weniger wichtig. Außer *Claviceps purpurea* an Roggen, Gerste, Weizen und Gräsern, wie *Dactylis*, findet sich noch häufig *Claviceps microcephala* an *Bromus* und an anderen Gräsern.

In *Secale cornutum* finden sich folgende Basen:

a) Histamin(β-Imidazol-4(5)äthylamin) $C_5N_9N_3$
b) Tyramin(γ-Hydrophenyläthylamin) $C_8H_{11}NO_3$
c) Ergotoxin $C_{35}H_{41}N_5O_6$
d) Ergotinin $C_{35}H_{39}N_5O_5$
e) Ergothionin $C_5H_{15}N_3O_2S \cdot 2 \cdot H_2O$

Andere Stoffe, wie Cholin, das sich z. B. auch in *Arachis hypogaea*, im Fliegenschwamm, *Amanita muscaria* (früheres Amanitin = Cholin) findet, kommen im Mutterkorn ebenfalls vor.

Ergotoxin, das eine Säure darstellt, läßt sich in Ergotinin überführen, ebenso ist die Umkehrung dieses Vorganges möglich nach Barger und Mitarbeitern (3).

Ergothionin findet sich zu 0,1 % im Mutterkorn, es ist wasserlöslich, aber physiologisch unwirksam. Physiologisch wirksam sind Ergotoxin, Histamin, Paraoxyphenyläthylamin und Agmatin. Ergotoxin erzeugt Gangrän, Blutdrucksteigerung, Kontraktion der Uterusmuskulatur und schließlich Lähmung der Constrictoren der Uterusmuskulatur. Histamin erweitert die Blutgefäße und bewirkt Senkung des Blutdruckes. Die Uterusmuskulatur wird stark kontrahiert. Auch Agmatin soll diese Wirkung auf den Uterus haben. Paraoxyphenyläthylamin bewirkt eine Blutdrucksteigerung und Kontraktion der Uterusmuskulatur. Diese

Stoffe spielen in der Gynäkologie eine erhebliche Rolle. Brot mit etwa 3 % und mehr Mutterkorn ist erheblich giftig, erzeugt Vergiftungsepidemien, Ergotismus; bei dieser Krankheit treten zwei Symptome auf, nämlich enweder gangränöse oder konvulsivische. Bei der gangränösen Form entwickeln sich brandige Herde, auch kann der Tod unter Sepsis eintreten. Bei der nervösen Form tritt als erstes Symptom Kribbeln und Taubsein in den Fingern auf (Kribbelkrankheit), später stellen sich Krämpfe namentlich im Vorderarm ein, auch zu einer tabesähnlichen Degeneration des Rückenmarkes und zu Geistesstörungen kann es kommen.

Mutterkorn wurde früher im großen aus Rußland eingeführt; in Rußland sind auch Mutterkornepidemien noch häufig.

Ferner finden sich im Mutterkorn einige wichtige aromatische Aminbasen, die keine eigentlichen typischen Alkaloide sind, das p-Oxyphenyläthylamin $C_8H_{11}NO$, sodann Cholin (das letztere findet sich auch im Fliegenschwamm *Amanita muscaria* [Amanitin der früheren = Cholin] und in *Arachis hypogaea*) und die Agmatinbase $C_5H_{14}N_4$; die letztere von Kossel (4) näher untersucht.

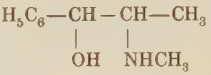
Amanita muscaria Pers. Fliegenschwamm enthält die vegetabilische Base Muscarin $C_5H_{15}NO_3$, die übrigens auch in anderen Pilzen vorkommt, auch für die Blüten und Früchte von *Cannabis indica* angegeben wird [Marino-Zucco und Vignola (5)]. Muscarin schädigt das Herz (Abnahme der Pulsfrequenz), bewirkt Tränen und Speichelfluß (Erregung der Drüsentätigkeit), Erbrechen und Erregung aller Organe mit glatter Muskulatur (Durchfall) und Behinderung der Atmung. Alle Muscarinwirkungen werden durch kleine Atropingaben beseitigt.

Lycopodium complanatum enthält die ziemlich wasserlösliche zweisäurige Base mit bitterem Geschmack Lycopodin $C_{32}H_{52}N_2O_3$; Bödeker (6).

L. saururus (Pillijan) enthält das sehr giftige Pillijanin $C_{15}H_{24}N_2O$, das coniinartig riecht, Krämpfe erregt und Pupillenverengung bewirkt; Arata und Canzoneri (7).

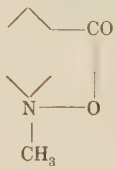
Gymnospermae. 2. **Taxaceae.** *Taxus baccata* L. Eibe. Taxin $C_{37}H_{51}NO_{10}$, besonders in den Nadeln bis 0,16 %, während der Arillus frei ist, ein amorphes, mäßig giftiges Alkaloid. Taxusblätter galten früher als Ersatz für Digitalisblätter; Winterstein und Jatrides (8). Tiervergiftungen kommen gelegentlich vor; Gewöhnung an das Gift tritt ein.

3. **Gnetaceae.** *Ephedra vulgaris* Rich. Ephedrin $C_{10}H_{15}NO$, damit stereoisomer Pseudoephedrin, l-Phenyl-2-Methylaminopropan-l-ol



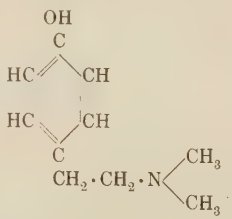
in den Blättern. Die *var. helvetica* Hook et Thoms. enthält nur Pseudoephedrin.

4. **Gramineae.** *Avena sativa.* Trigonellin $C_7H_7NO_2$,



in den Samen, auch in denen von *Cannabis sativa, Pisum sativum, Triticum sativum, Strophanthus hispidus,* im Kaffee, in den Knollen von Dahlien (*Dahlia*) und in Schwarzwurzeln (*Scorzonera hispanica*) nachgewiesen. S. a. Nr. 24 unter *Trigonella.*

Hordeum sativum. Hordenin, β-p-Oxyphenyldimethyläthylamin



isomer mit Ephedrin.

Es ist eine starke tertiäre Base und verhältnismäßig ungiftig, auch in den Malzkeimen und in *Anhalonium fissuratum* kommt es vor. Anhalin = Hordenin.

5. **Palmae.** Die Gattung *Areca,* die die Betelnuß (*Areca catechu* L.) liefert, enthält fünf Alkaloide, nämlich Arecaidin $C_7H_{10}NO_2$; Arecolin $C_8H_{13}NO_2$; Guvacin (Norarecaidin) $C_6H_9NO_2$; Guvacolin $C_8H_{13}NO_2$. Die Alkaloide finden sich im Endosperm.

Die Betelnuß wird in Westindien in großen Mengen zum Betelkauen verwendet, doch ist die berauschende Wirkung die das Betelkauen hervorruft, nur zum kleinen Teil auf die Alkaloide zurückzuführen (9).

Arecolin wirkt stark speichel- und schweißtreibend, erregt Nerven und Muskulatur und beschleunigt dadurch die Peristaltik; es wird als Darmmittel in der Veterinärpraxis verwendet; Pätz (10).

6. Colchicaceae einschließlich Liliaceae. Diese Familie ist reich an wichtigen Alkaloiden.

Sabadilla officinalis Brandt *(Asagraea off.* Lindl., *Veratrum sabadilla* Retz.) enthält im Samen

a) Veratrin (Cevadin) $C_{32}H_{49}NO_9$ (kristallisiert),
b) Veratridin $C_{37}H_{53}NO_{11}$ (amorphes Veratrin),
c) Sabadillin (Cevadillin) $C_{34}H_{55}NO_8$,
d) Sabadin $C_{29}H_{51}NO_8$.

Veratrin reizt zum Niesen, es wird als Hautreizmittel in der Human- und Veterinärmedizin angewendet; Sabadillin und Sabadin haben bis jetzt keine Verwendung gefunden.

Aus 10 kg Samen (Semen Sabadillae, Läusesamen) lassen sich 60—70 g Rohbasen und etwa 8—9 g reines kristallisiertes Veratrin, 5—6 g Veratridin und 2 bis 3 g Sabadillin herstellen [Wright und Luft (11)].

Veratrum album L. (weiße Nieswurz), auch verwandte Arten wie *Veratrum viride* Ait. und *Veratrum Lobelianum* Bernh. enthalten in der Wurzel außer geringen Mengen von Veratrin folgende fünf Alkaloide:

a) Jervin $C_{26}H_{37}NO_3$
b) Rubijervin $C_{26}H_{43}NO_2$
c) Pseudojervin $C_{29}H_{43}NO_7$
d) Protoveratrin $C_{32}H_{51}NO_{11}$
e) Protoveratridin $C_{26}H_{45}NO_8$

Vermutlich sind diese Alkaloide an Chelidonsäure (= Jervasäure) gebunden [Schmidt (12)].

Veratrin reizt die Haut, worauf Anästhesie erfolgt; deshalb verwendet man Veratrin in Salbenform bei Gesichtsneuralgien. Amorphes und kristallisiertes Veratrin verhalten sich ähnlich, Sabadillin ist weniger giftig als Veratrin, Jervin überhaupt wenig giftig, dagegen ist Protoveratrin ein starkes Herzgift.

Der Gesamtalkaloidgehalt beträgt 0,199 bis 0,933 % [Bredemann (13)].

Colchicum autumnale L. enthält in Knollen 0,2% und im Samen 0,4% Colchicin. Es findet sich außer in anderen Colchicumarten auch in *Gloriosa superba* neben Methylcolchicin. Colchicin $C_{22}H_{25}NO_6$ ist amorph, hellgelb, in kaltem und heißem Wasser (82° zu 12 %) löslich. Durch Mineralsäuren wird aus Colchicin Methylalkohol abgespalten, und es entsteht Colchicein.

$$\underset{\text{Colchicin}}{C_{22}H_{25}NO_6} + H_2O = \underset{\text{Colchicein}}{C_{21}H_{23}NO_6} + \underset{\text{Methylalkohol}}{CH_3OH}$$

Es erregt schwere Magen- und Darmerkrankungen (Erbrechen und Durchfall). In der Humanmedizin bildet die akute Gicht die Hauptindication des Colchicins (Merck, Nichtoffizinelle Alkaloide).

Frische Blüten enthalten 0,6 %, trokkene 1,8 %, Blätter nur Spuren Colchicin.

Fritillaria imperialis L. Kaiserkrone, frisch mit 0,08—0,12 % Imperialin $C_{35}H_{60}NO_4$ in der Zwiebel. Sehr bitteres Herzgift.

7. Amaryllidaceae. *Buphane disticha.* In der Zwiebel neben Narcissin (siehe *Narcissus*) das amorphe, hyoscinähnlich wirkende Buphanin $C_{23}H_{24}N_2O_6$ und Hämantin $C_{18}H_{23}NO_7$ [Tutin (14), Lewin (15)].

Narcissus pseudonarcissus L., Wiesennarcisse, enthält in der Zwiebel das brechenerregende Narcissin $C_{16}H_{17}NO_4$, vermutlich identisch mit Lycorin!

Lycoris radiata Herb. (*Nerine japonica* Miq.). Zwiebel mit dem toxischen Lycorin $C_{16}H_{17}NO_4$, brechenerregend und das Zentralnervensystem lähmend. Auch Sekisanin $C_{34}H_{36}N_2O_9$ (?) wird angegeben. [Asahina und Sugii (16)].

Lycorin (Narcissin), vermutlich identisch mit dem Bellamarin der Knollen von *Amaryllis belladonna,* mit dem Amaryllin von *Cooperia Drummondi* und einem veratrinähnlichen Alkaloid von *Clivia miniata,* kommt bei den Amaryllidaceen weit verbreitet vor; es ist auch in den Wurzelknollen von *Cyrtanthus pallidus,* in mehreren *Crinum*-Arten und bei *Sprekelia formosissima* nachgewiesen worden. [Trier, Pflanzenstoffe und Gorter (16a)].

8. **Dioscoreaceae.** *Dioscorea hirsuta* Bl. Frische Knollen mit Dioscorin $C_{13}H_{19}NO_2$; tertiäre Base, wasserlöslich. Zwiebel dient als Heilmittel, als Fisch- und als Pfeilgift [Boorsma (17)].

Dicotyledoneae. 9. **Piperaceae.** *Piper nigrum* L. (*P. aromaticum* Lam.), schwarzer Pfeffer (unreife Früchte) und weißer Pfeffer. Früchte mit 5—9 % Piperin $C_{17}H_{19}NO_3$. Piperin zerfällt durch Behandeln mit alkoholischer Kalilauge in Piperidin und Piperinsäure, Piperidin selbst ist ein hexahydriertes Pyridin.

Piperin ist selbst in großen Dosen bei Mensch und Tier ungiftig, nur an der Applikationsstelle entsteht Brennen.

Außer in *P. nigrum* kommt Piperin auch in *P. longum* vor.

10. **Moraceae.** *Cannabis sativa* L. Trigonellin $C_7H_7NO_2$ in den Samen von Schulze und Frankfurt (18) angegeben. Siehe auch *Pisum sativum, Avena, Triticum, Trigonella foenum graecum, Stachys sylvatica* und Compositen.

Humulus lupulus L. Hopfen enthält Morphin [= Hopein. Ladenburg (19)]. Cholin, vermutlich ein Zersetzungsprodukt des Lecithins, wurde früher für das »Alkaloid Lupulin« gehalten.

11. **Aristolochiaceae.** *Aristolochia clematitis* L., *A. argentina* Gris, *A. rotunda* L. und *A. longa* L. Wurzelstock dieser Arten pharmazeutisch benutzt mit Aristolochin $C_{32}H_{22}N_2O_{13}$, orangefarbene Nadeln, sehr giftig, starke Blutdrucksenkung bewirkend [Pohl (20), Hesse (21)].

12. **Loranthaceae.** *Viscum album* L. Mistel, enthält die lähmende, den Blutdruck senkende Base $C_5H_{11}N$ von nikotinähnlichem Geruch [Barbieri (22), Fubini und Antonini (23)].

13. **Aizoaceae.** *Mesembryanthemum*-Arten enthalten das cocainähnlich wirkende Mesembrin $C_{16}H_{19}NO_4$ [Hartwig und Zwicky (24)].

14. **Nymphaeaceae.** *Nuphar luteum* Sibth. et Sm. (*Nymphaea lut.* L.) enthält im Rhizom ein wenig erforschtes Alkaloid. Auch in *Nymphaea* [Grüning (25)]. Nupharin $C_{18}H_{44}N_2O_2$.

Nelumbium speciosum Willd. (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) Lotos, Milchsaft und Embryo mit dem Herzgift Nelumbin, s. Boorsma (26) und Albanese (27).

15. **Ranunculaceae.** Eine Familie mit zahlreichen wichtigen Alkaloiden.

Hydrastis canadensis L., Blutkraut, enthält ein Rhizom (*Yellow root, Rhizoma Hydrastis,* offizinell seit 1833; auch Farbstoff liefernd), in diesem:

Hydrastin	$C_{21}H_{21}NO_6$	1,5 %
Berberin	$C_{20}H_{19}NO_5$	4 %
Canadin	$C_{20}H_{21}NO_4$	1,25 %

Das wichtige Hydrastin liefert bei der Hydrolyse unter gleichzeitiger Oxydation mit Mangandioxyd Opiansäure und Hydrastinin nach folgender Formel:

$$\underset{\text{Hydrastin}}{C_{21}H_{21}NO_6} + H_2O + O = \underset{\text{Opiansäure}}{C_{10}H_{10}O_5} + \underset{\text{Hydrastinin.}}{C_{11}H_{13}NO_3}$$

Über Hydrastinin führt der Weg zu dem gelbgefärbten Berberin, das sich in der Wurzel von *Berberis vulgaris* zu 1,3 % findet, aber auch in *Berberis aquifolia,* in *Coptis teeta* Wall. (8—9 %), in *Nandina domestica,* in *Coptis trifolia, Xanthorrhiza apiifolia, Coscinium, Cocculus, Orixa, Podophyllum, Geoffroya* (28) findet [Gordin].

Canadin findet sich außer in *Hydrastis canadensis* in *Xanthoxylon brachyacanthum,* es ist ein Tetrahydroberberin.

Von diesen Alkaloiden hat Hydrastin eine erhebliche Bedeutung. In kleinen Dosen wirkt es erregend auf das Zentralnervensystem wie Strychnin, in größeren tötet es nach Krämpfen durch Lähmung. Von der weiteren Eigenschaft des Hydrastins, gefäßverengend zu wirken, wird in der Frauenheilkunde Gebrauch gemacht, um Blutungen zu stillen.

Berberin (29) findet mancherlei pharmakologische Verwendung, indem es die Verdauung und Lebertätigkeit befördert; auch bei Milzkrankheiten auf malariöser Grundlage ist es brauchbar. Die gefäßverengende Wirkung, die dem Hydrastin zukommt, geht dem Berberin ab.

Canadin hat keine wirtschaftliche Bedeutung.

Helleborus trifolia L. (= *Coptis trif.* Salisb.) (*Radix coptis trifoliae*) Wurzelstock mit 8 % Berberin.

Coptis anemonefolia Sieb. et Zucc., enthält ebenfalls Berberin; ebenso *C. teeta*

Wall. enthält in der Wurzel 8—9 % Berberin.

Nigella damascena L. Damascenin $C_{11}H_{13}NO_3$, fluoresziert in organischen Lösungsmitteln; in den Samen zu 0,7 %, das blau fluoreszierende Nigellaöl enthält 9 % Damascenin. Damascenin liefert bei der Säure- oder Alkalispaltung Damasceninsäure $C_9H_{11}NO_3$, die auch frei in der Pflanze vorkommt. Damascenin wirkt narkotisch, es findet sich auch in *Nig. aristata* neben Methyldamascenin $C_{10}H_{13}NO_3$. Die anderen *Nigella*-Arten, nämlich *N. arvensis* (*N. aristata* nach Kew Index synonym mit *N. arvensis*) *N. hispanica, orientalis, integrifolia* und *diversifolia* enthalten im Samen nur Spuren von Damascenin.

Aconitum napellus L., Sturmhut, eine wichtige Alkaloidpflanze; die Blätter und insbesondere die Wurzelknollen (Tubera s. *Radix Aconiti*, Eisenhutknollen, auch von *A. variegatum* und *A. Stoerkianum*) enthalten Aconitin $C_{34}H_{45}NO_{11}$; 0,5—0,8% Napellin.

Pikroaconitin $C_{32}H_{43}NO_{10}$ (Benzoylaconin). Die Alkaloide sind an Aconitsäure gebunden; ihrer Wirkung nach sind die Aconitumalkaloide wenig von einander verschieden. Das aus *Aconitum Fischeri* isolierte Japaconitin $C_{34}H_{49}NO_{11}$ (bzw. $C_{34}H_{47}NO_{11}$ oder $C_{34}H_{45}NO_{11}$), das aus Aconitum ferox gewonnene Pseudoaconitin $C_{36}H_{51}NO_{12}$, das Indaconitin $C_{34}H_{47}NO_{11}$ aus *Ac. Chasmanthum* und *Ac. napellus*, das Bikhaconitin $C_{36}H_{51}NO_{11}\cdot H_2O$ aus *Ac. ferox* und *Ac. spicatum*, das Lycaconitin $C_{36}H_{46}N_2O_{10}$ aus *Ac. lycoctonum*, das Lappaconitin $C_{34}H_{48}N_2O_8$, Cynoctonin $C_{36}H_{55}N_2O_{13}$ und Septentrionalin $C_{31}H_{48}N_2O_9$ aus *Ac. septentrionale* zeigt ausgesprochene Aconitinwirkung, doch sind alle diese Alkaloide weniger giftig.

Ac. heterophyllum enthält in der Wurzel das ungiftige Atisin $C_{22}H_{31}NO_2$.

Delphinium consolida (Samen) und *D. staphisagira* (Samen), letzteres Läusekraut, Stephanskraut, enthalten mehrere Alkaloide, darunter Delphinin $C_{34}H_{47}NO_9$, Staphisagroin $C_{40}H_{46}N_2O_7$. Curareähnliche Alkaloide enthalten *D. bicolor, D. scopulorum*, Delphocurarin.

Delphinin erzeugt per os genommen beim Menschen Speichelfluß und Erbrechen, das Herz wird schwer geschädigt, namentlich der nervöse Apparat, auch das Gefäßnervenzentrum wird gelähmt.

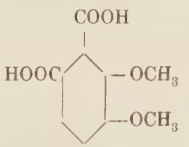
Delphocurarin wirkt curareartig und findet sich zu 0,27 % im Wurzelstock von *D. bicolor*, zu 0,35 % bei *D. Menziesii*, zu 0,72 % bei *D. Nelsonii* und zu 1,30 % bei *D. scopulorum*, letztere Art besitzt auch im Samen 1,18 %.

16. Berberidaceae. Familie mit wichtigen Alkaloidpflanzen. Es kommen folgende Alkaloide vor: Berberin (siehe auch *Hydrastis canadensis*), Nandinin (siehe auch *Nandina domestica*), Oxyacanthin und Berbamin.

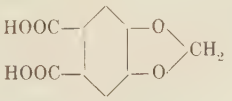
Berberis vulgaris L. Berberitze, Sauerdorn, enthält im Holz, in der Stammrinde und in den Blättern Berberin, in den Blüten Berberin $C_{20}H_{19}NO_5$ und Oxyacanthin $C_{19}H_{21}NO_3$.

Das Oxyacanthine französischer Autoren (Leroy) ist ein Bitterstoff aus *Crataegus oxyacantha* und hat mit dem Berberisalkaloid Oxyacanthin nichts zu tun. Die Wurzelrinde von *Berberis vulgaris* enthält 1,3 % Berberin, durch seine gelbe Farbe ist die Berberitzenwurzel gefärbt. In der Wurzel der Berberitze findet sich ferner Berbamin $C_{18}H_{19}NO_3$.

Berberin wurde auch in der Rinde von *Xanthoxylum clava Herculis* (Rutaceae) nachgewiesen und als Xanthopikrit wegen seiner gelben Farbe beschrieben. Berberin kristallisiert mit 4—6 Mol. Kristallwasser, ist in kaltem Wasser wenig löslich, optisch inaktiv, bitter. Es wirkt lähmend, erzeugt Durchfall. Bei der Oxydation mit Permanganat liefert es, wie Hydrastin, zwei Säuren:

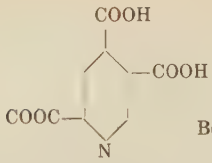


Hemipinsäure und



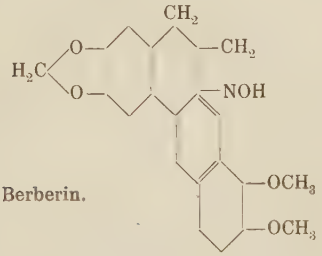
Hydrastsäure,

bei der Oxydation mit konz. Salpetersäure liefert es eine dritte Säure, die Berberonsäure, eine Pyridintrikarbonsäure:



Berberonsäure.

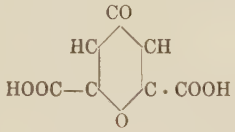
Die Konstitution des Berberins ist die folgende:



Berberin.

Über andere Berberideenalkaloide siehe die Darstellung bei *Hydrastis*.

Chelidonium majus L. Auch diese Papaveracee enthält mehrere Alkaloide, die in der Hauptsache an Chelidonsäure, γ-Pyron - 2,6 - dicarbonsäure:



gebunden sind.

Die Chelidoniumalkaloide sind

a) Chelidonin $C_{20}H_{19}NO_5+H_2O$
b) α-Homochelidonin $C_{21}H_{23}NO_5$
c) Chelerythrin $C_{21}H_{17}NO_4$ apomorphinähnlich,
d) β-Homochelidonin $C_{21}H_{23}NO_5$ (Allocryptopin),
e) γ-Homochelidonin $C_{21}H_{23}NO_5$ berberinartig konstituiert.

Chelidonin findet sich außer in *Chelidonium* in *Stylophorum diphyllum;* Chelerythrin kommt vor in *Bocconia cordata, Eschholtzia californica, Sanguinaria canadensis, Glaucium luteum* und *Chel. majus*. β-Homochelidonin, das am besten erkannte Chelidoniumalkaloid, findet sich außer in *Chel. majus* in *Bocconia cordata, Sanguinaria canadensis*; γ-Homochelidonin kommt in *Chel. majus*., in *Sanguinaria canadensis* und *Xanthophyllum brachyacanthum* vor.

Über die Verwendung von Chelidonin als Analgetikum siehe Merck (29).

17. Menispermaceae. *Chondodendron tomentosum* R. et P. (*Botryopsis platyphylla* Miers) liefert echte Pareirawurzel, *Radix Pareirae bravae,* und enthält Bebeerin, d. h. Bebeerin, β-Bebeerin und inaktives amorphes Bebeerin, also drei Bebeerinbasen [Scholtz (30)].

Bebeerin (Bebirin) wurde ursprünglich von Rodie 1834 in der Lauracee *Nectandra Rodioei* — dem in Britisch-Guayana vorkommenden Bebeerubaum — gefunden; Flückiger konstatierte die Identität dieses Alkaloids mit dem ursprünglich Pelosin genannten Alkaloid aus der Pareirawurzel *(Cissampelos pareira* L., falsche Radix Pareirae und *Chondodendron tomentosum*). Nach Scholtz enthält die echte Pareirawurzel 10 % Bebeerin in racemischer, (d- und l-drehender) Form.

Die amorphe, bitertiäre Base Bebeerin, die als Rechts-, Links- und als amorphes Alkaloid zum Teil nebeneinander in der Pareirawurzel vorkommt, diente früher als Chininersatz, in ihrer Wirkung auf Infusorien und Zellen hat sie eine gewisse Ähnlichkeit mit Chinin; große Dosen bewirken Erbrechen, Durchfall und Tod durch allgemeine Lähmung.

Bebeerin hat nach den neuesten Untersuchungen von Faltis und Neumann (31) die Formel $C_{18}H_{19}NO_3$, enthält also zwei Wasserstoffatome weniger als bisher angenommen wurde, die alte Formel war $C_{18}H_{21}NO_3$.

Iatrorrhiza palmata Miers *(I. columba* Miers; *Cocculus palmatus* DC.; *Menispermium p.* Lam.; auch *Iatrorrhiza calumba* Miers), die Stammpflanze der Columbo- oder Calumbowurzel, liefert folgende drei Alkaloide:

a) Palmatin $C_{21}H_{22}NO_4J \cdot 2\,H_2O$ (Jodid);
b) Jateorrhizin $C_{20}H_{20}NO_5J$ (Jodid);
c) Columbamin $C_{21}H_{22}NO_5J$ (Jodid).

Die Columboalkaloide sind quartäre Basen, frei; sie sind noch nicht dargestellt und im übrigen corydalisähnlich.

Anamirta cocculus W. et A. (*A. paniculata* Colebr., *Menispermum cocculus* L.), die Stammpflanze der Kokkelskörner enthält in den Schalen die Base Menispermin $C_{18}H_{24}N_2O_2$; diese Base unbekannter Konstitution hat aber mit dem giftigen Bestandteil der Kokkelskörner nichts zu tun.

Von den Menispermaceen werden noch folgende Alkaloide angegeben:

Berberin in *Tinospora Rumphii* B., *T. rispa* Miers (Rinde); *Fibraurea tinctoria* Lour. (Rinde, Holz, Wurzel); *Arcangelisia lemniscata* Becc. (Holz).

Pelosin (Bebeerin) in *Tinospora Teysmanni*.

18. Calycanthaceae. *Calycanthus glaucus* Willd., Samen und Pericarp mit Calycanthin $C_{11}H_{14}N_2$, schwer wasserlöslich, sekundärtertiäre Base, bitter, strychninartig wirkend. Außerdem Isocalycanthin $C_{11}H_{14}N_2+\frac{1}{2}$aq. Es wird auch ein Glukosid Calycanthin angegeben [Ecciles (32)].

19. Lauraceae, einschließlich Hernandiaceae. *Litsea chrysocoma* Bl. nach Greshoff (33) mit dem strychninähnlichen Laurotetanin $C_{19}H_{21}NO_4$, eine sekundäre Base. Laurotetanin findet sich auch noch in anderen *Litsea*-Arten, z. B. in der Rinde von *L. citrata* Bl. (= *Tetranthera citrata* Nees.).

Daphnanda micrantha Benth. Rinde nach Pyman (34) mit drei Alkaloiden, Daphnolin $C_{34}H_{34}N_2O_6$, Daphnandrin $C_{36}H_{38}N_2O_6$ und Micranthin $C_{36}H_{32}N_2O_6$.

Nectandra Rodioei Hoock, Bibirubaum, Beberubaum, enthält in der Rinde und im Samen Bebeerin (Bebirin, Bibirin) = Pelosin. Siehe Menispermaceen unter *Chondodendron*.

Laurelia novae Zealandiae Cunn. »Pukatea« enthält in der Rinde 1. Pukatein $C_{17}H_{17}NO_3$, wasserunlöslich, kristallisiert, 2. Laurelin $C_{19}H_{21}NO_3$, 3. Lauropukin $C_{16}H_{19}NO_3$ (?) amorph [Aston (35)].

Hernandiaceae. *Hernandia sonora* L., *H. ovigera* L. mit Bebeerin = Pelosin [Greshoff (37)].

Illigera pulchra Bl. soll Laurotetanin enthalten. Siehe *Litsea chrysocoma* (Lauraceae).

20. Monimiaceae. *Atherosperma moschatum* Lab. Rinde (Teesurrogat) mit Atherospermin, amorph, alkalisch, wasserunlöslich, scheint physiologisch bedeutungslos zu sein [Zeyer (36)].

21. Papaveraceae, eine der sehr wichtige Alkaloide liefernden Familien enthält als Hauptalkaloidpflanze die Art *Papaver somniferum* L. (*P. setigerum* D. C.), aus deren Milchsaft (Opium, eingetrockneter Milchsaft mit 20—25 % Alkaloiden) folgende Alkaloide gewonnen werden:

a) Derivate des Tetrahydroisochinolins: Hydrocotarnin,

b) Derivate des α-Benzylisochinolins: Papaverin, Xanthalin,

c) Derivate des α-Benzyltetrahydroisochinolins, Laudanin, Laudanidin, Laudanosin, Narcotin, Narcein, Gnoscopin, Tritopin, Oxynarcotin,

d) Alkaloide, die in Phenanthrenderivate übergehen: Morphin, Pseudomorphin, Codein, Thebain (Morphingruppe),

e) Diisochinolinderivate: Cryptopin, Protopin,

f) Alkaloide nicht genau erkannter Konstitution: Papaveramin, Lanthopin, Mekonidin, Codamin, Rheadin, Aporhein.

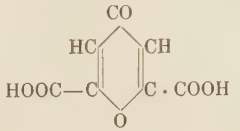
Es sind also insgesamt 23 Alkaloide im Opium nachgewiesen. Über den prozentualen Anteil dieser Alkaloide im Opium nebst dem einiger anderer Opiumbestandteile klärt die folgende Tabelle auf.

α) Alkaloide:

Morphin	$(C_{17}H_{19}NO_3)_2$	9 % (bis zu 23 %)
Narcotin	$C_{22}H_{23}NO_7$	5 % (0,75—9,6 %)
Papaverin	$C_{20}H_{21}NO_4$	0,8 %
Thebain	$C_{19}H_{21}NO_3$	0,4 %
Codein	$C_{18}H_{21}NO_3$	0,3 % (0,2—0,8 %)
Narcein	$C_{23}H_{27}NO_8 + 3H_2O$	0,2 % (auch in *Diervilla florida*, Dawson Chem. News, 106,88.)
Cryptopin	$C_{21}H_{23}NO_5$	0,08 %
Pseudomorphin	$(C_{17}H_{18}NO_3)_2$	0,02 %
Laudanin	$C_{20}H_{25}NO_4$	0,01 %
Lanthopin	$C_{23}H_{25}NO_4$	0,006 %
Protopin	$C_{20}H_{19}NO_5$	0,003 %
Codamin	$C_{20}H_{25}NO_4$	0,002 %
Tritopin	$C_{42}H_{54}N_2O_7$	0,0015 %
Laudanosin	$C_{21}H_{27}NO_4$	0,0008 %

β) Sonstige Verbindungen:

Mekonsäure (Oxychelidonsäure) 4 %



Milchsäure $CH_3CHOH \cdot COOH$ 1,2 %

Mekonin $C_{10}H_{10}O_4$ 0,3 %

γ) Sonstige Opiumalkaloide:

Hydrocotarnin $C_{12}H_{15}NO_3$ entsteht durch Hydrolyse aus Narcotin,

Xanthalin $C_{22}H_{19}NO_5$, ein Oxydationsprodukt des Papaverins,

Laudanidin $C_{20}H_{25}NO_4$, vermutlich die Linksmodifikation des Laudanins,

Laudanosin $C_{21}H_{27}NO_4$; das erste auch synthetisch hergestellte Opiumalkaloid,

Cotarnin $C_{12}H_{13}NO_3$ aus Narcotin durch verdünnte Salpetersäure zu erhalten,

Gnoscopin $C_{22}H_{23}NO_7$ entsteht vermutlich erst bei der Aufarbeitung des Opiums durch Racemisierung aus Narcotin, ist also racemisches [d, l]-Narcotin,

Oxynarcotin (Nornarcein) $C_{22}H_{23}NO_8$. Steht dem Narcotin sehr nahe und zerfällt durch Behandlung mit Eisenchlorid in Cotarnin und Hemipinsäure, die auch beim oxydativen Abbau des Narcotins gewonnen wird.

$$\underset{\text{Oxynarcotin}}{C_{22}H_{23}NO_8} + H_2O + O = \underset{\text{Cotarnin}}{C_{12}H_{15}NO_4} + \underset{\text{Hemipinsäure}}{C_{10}H_{10}O_6}$$

Rheadin $C_{21}H_{21}NO_6$ im Opium und in *Papaver rhoeas*,

Aporhein $C_{18}H_{16}NO_2$ in *Papaver dubium*,

Morphin $C_{17}H_{17}NO(OH)_2$ steht dem Codein $C_{17}H_{17}NO\cdot(OH)\cdot(OCH_3)$ sehr nahe, denn Codein ist der Monomethylester des Morphins. Durch Wasserentziehung entsteht aus Morphin, bei Salzsäureeinwirkung aus Codein in beiden Fällen Apomorphin.

$$\underset{\text{Morphin}}{C_{17}H_{19}NO_3} = \underset{\text{Apomorphin}}{C_{17}H_{17}NO_2} + H_2O$$

Die Strukturformel von Morphin ist noch strittig, man vergleiche hierüber die Diskussion bei Wolffenstein, Pflanzenalkaloide.

Über Morphinentstehung bei der Keimung s. A. Müller (38).

Reife Mohnköpfe enthalten 0,018 % Morphin und 0,028 % Narkotin und Codein, unreife 0,02—0,05 % Morphin und 0,0115 % Narkotin und Codein [A. Malin (39)], während Heiduschka und Faul (40) in *fructus papaveris cum semine maturi* 0,017 % und in reifen französischen Mohnköpfen 0,068 % Morphin fanden.

Von den Papaveralkaloiden ist im einzelnen noch zu erwähnen:

Papaver orientale mit dem merkwürdigen Isothebain und zwar nur im Herbst, während im Frühjahr das morphinähnliche Thebain $C_{19}H_{21}NO_3$ gebildet wird [Gadamer und Klee (111)].

Stylophorum diphyllum Nutt. (*Chelidonium diphyllum* Mich.) »Yellow poppy« enthält in der Wurzel mindestens fünf Alkaloide, als Hauptalkaloid Chelidonin, ferner Protopin, die tertiäre Base Stylopin $C_{19}H_{19}NO_5$, Diphyllin, Sanguinarin. Stylophorin = Chelidonin; Chelidoxanthin = Berberin [Schlotterbeck und Watkins (42)].

Sanguinaria canadensis, Blutwurz, enthält als Hauptalkaloid Sanguinarin $C_{20}H_{15}NO_4$, und zwar nach dem Abblühen bis zu 6,5 % [Bauer und Hedinger (43) und Homerberg und Beringer (44)]. Sanguinarin findet sich noch in *Chelidonium majus, Stylophorum diphyllum, Eschscholtzia californica, Bocconia cordata* [Kozniewski (45)]. Die Salze des Sanguinarins sind lebhaft blutrot gefärbt.

Eschscholtzia californica Cham. Wurzel, Rinde und Holz mit Protopin, β- und γ-Homochelidonin, Sanguinarin, Chelerythrin und noch zwei anderen, nicht näher bekannten Basen; R. Fischer (46) und Fischer und Tweeden (47). Diese Angaben werden von Brindejonc (48) bestritten und nur ein Alkaloid Jonidin $C_{11}H_{25}N_4O_4$ angegeben.

22. **Cruciferae.** Diese große Familie ist arm an eigentlichen Alkaloiden, obwohl sie verwandtschaftlich von den so viele Alkaloide führenden Papaveraceen einerseits und den Fumariaceen andererseits flankiert wird.

Sinapis nigra L., der schwarze Senf, enthält Cholin $C_5H_{15}NO_2$ (= Sinkalin, Bilineurin, Amenitin), ferner Sinapin $C_{16}H_{25}NO_5$, zwei quaternäre Basen.

Cholin $C_5H_{15}NO_2$ findet sich noch in folgenden Pflanzen (Samen): Erbse, Hafer, Sesam, Hanf, Lupine, Gerste, Kürbis, Wicke, Linse, Baumwolle, Kakao, Bocksdorn, Strophanthus, Fagus, Arecanuß, ferner in bittern Mandeln, in der Kartoffel, in der Runkelrübe (Beta), in der Rinde von *Ipecacuanha* und der *Cascarilla* (= *Ladenbergia*), im Calmus und *Scopolia*, in Blättern von *Atropa, Hyoscyamus, Trifolium, Cytisus, Capsella*, Tee, Gramineen, auch in Wein und Bier. [Schulze und Trier (49), Yoshimura (50)]. Über die Cholinwirkung siehe F. Müller (51).

Sinapin $C_{16}H_{25}NO_6$ gewinnt man in Form seiner schwerlöslichen Sulfozyanverbindung $C_{16}H_{25}NO_5 \cdot SCN + H_2O$ durch Versetzen des alkoholischen Senfsamenextraktes mit alkoholischer Rhodankaliumlösung. Sinapin zerfällt als Säureester in Cholin und Sinapinsäure

$$C_{16}H_{25}NO_6 + H_2O = C_5H_{15}NO_2 + C_{11}H_{12}O_5$$
Sinapin Cholin Sinapinsäure.

Cheiranthus cheiri L., Goldlack, enthält im Samen das chininähnliche Cheirinin $C_{18}H_{35}N_3O_{17}$, ferner Cholin, Cheiranthin und Cheirolin $C_5H_9NO_2S_2$ sind keine Alkaloide [Schneider (52)].

23. Fumariaceae. Diese kleine Familie stellt hinsichtlich ihres Reichtums an Alkaloiden ein würdiges Gegenstück zu den Opiumalkaloiden des Mohns dar. Die Wurzel von *Corydalis cava* Schweig (= *C. bulbosa* Pers., *C. tuberosa* D. C.), Lerchensporn und von anderen Corydalisarten enthalten folgende Alkaloide:

a) Alkaloide mit dem Ringsystem des Berberins:
Corydalin $C_{22}H_{27}NO_4$, eine tertiäre Base.
Dehydrocorydalin $C_{22}H_{25}NO_5$, gelbgefärbt wie Berberin.
Corybulbin $C_{21}H_{25}NO_4$.
Isocorybulbin $C_{21}H_{25}NO_4$.

b) Alkaloide mit dem Ringsystem des Apomorphins:
Corytuberin $C_{19}H_{21}NO_4$.
Corydin $C_{20}H_{23}NO_4$, Monomethyläther des Corytuberins.
Bulbocapnin $C_{19}H_{19}NO_4$.

c) Alkaloide mit weniger gut erforschtem Ringsystem:
Corycavin $C_{23}H_{23}NO_6$.
Corycavanin $C_{21}H_{21}NO_5$.
Corycavidin $C_{22}H_{25}NO_5$.

Außer diesen Alkaloiden finden sich noch Protopin und eine größere Anzahl weniger erforschter Basen in den Corydalisknollen, s. Haars (53), Makoshi (54) und Heyl (55).

Die Mengenverhältnisse der Alkaloide ergeben sich aus folgender Zusammenstellung nach Ziegenbein (56).

Gesamtgehalt an Alkaloiden: 5—6 %
In 10 kg Corydalisknollen fand Ziegenbein 57 g Corydalin, 41 g Bulbocapnin, 6 g Corycavin und 4 g Corybulbin. Die Alkaloide selbst sind an Fumar- und Äpfelsäure gebunden.

In der Fumariaceengattung *Dicentra formosa*, auch in *D. pusilla* findet sich neben Protopin das Alkaloid Dicentrin $C_{20}H_{21}NO_4$ [Heyl (57)]; es ist corydalisähnlich, wie eine ganze Reihe anderer Alkaloide der Papaveraceenverwandtschaft. Es sind dies folgende Alkaloide: Isothebain in *Papaver orientale*, Glaucin im Kraute von *Glaucium luteum*; über die corydalisähnlichen Chelidoniumalkaloide siehe Chelidonium, Nr. 21, über das ebenfalls corydalisähnliche Laurotetanin siehe *Litsaea chrysocoma* Bl., Nr. 19.

24. Leguminosae. Diese große Verwandtschaft ist relativ arm an Alkaloiden. Es kommen folgende in Betracht: Pithecolobin, Erythrophlein, Physostigmin (= früher Eserin), Geneserin, Muavin, Cytisin, Cygnin, Anagyrin, Gleditschin, Lupinin, Lupinidin = Spartein; i-, l- und d-Lupanin, Oxylupanin, Spartein, Trigonellin, Arachin u. a.

Pithecolobium bigeminum Mart. (*Inga big.* Willd.), in der Rinde 0,8 % amorphes Alkaloid, ähnlich *P. Saman* Benth., *P. hymenifolium* Benth., *P. lobatum* Benth., *P. moniliferum* Benth., *P. unguis Cati* Benth., *P. fasciculatum* Benth. [Greshoff (58) und Plugge (59)], Pithecolobin.

Erythrophleum guineense Don. enthält in der Wurzel und in der Rinde das sehr wirksame, digitalisähnliche und lokalanästhesierende Erythroplein $C_{28}H_{43}NO_7$, das von den Eingeborenen als Pfeilgift verwendet wird. Es ist ein ausgesprochenes Muskel- und Herzgift. Als Sassyrinde wird nicht nur *E. guineense* Don., sondern auch *E. Laboucherii* F. v. Müll. und *E. Fordii* Oliv. verwendet.

Erythrophleum spec. (?) liefert die Muavarinde mit dem Herzgift Muavin. Vielleicht gehört der Muavibaum zu der Gattung Erythroxylon, da anatomisch die Muavirinde der Sassyrinde gleicht. Muavin ist erythrophleinähnlich [Jacobsohn (60), Merck (29)].

Physostigma venenosum Balf., Calabarbohne enthält außer Eserin = Physostigmin $C_{15}H_{21}N_3O_2$, Geneserin $C_{15}H_{21}N_3O_3$, sodann Eseridin $C_{15}H_{23}N_3O_3$,

Eseramin $C_{16}H_{25}N_4O_3$, Isophysostigmin $C_{15}H_{21}N_3O_2$ und Physovenin $C_{15}H_{12}N_8O_3$.

Eserin findet sich auch in *Phys. cylindrospermum* Holm. Eserin (Physostigmin) kommt in den Kotyledonen der Calabarbohne zu 1 ‰ vor; es verstärkt die Darmperistaltik, erregt die glatten Muskeln, die Drüsensekretion, hebt die durch Curaregift erzeugten Lähmungen auf und wird insbesondere in der Augenheilkunde verwendet, da seine sehr große Giftigkeit Vorsicht bei sonstigen Verwendungen erfordert. Physostigmin wirkt übrigens ähnlich wie Pilocarpin, die Wirkungen beider Alkaloide werden durch Atropin sofort aufgehoben.

Cytisus laburnum L. (*Laburnum vulgare* L.), Goldregen, Samen mit 1,5—3% Alkaloid Cytisin (früher als Laburnin bezeichnet). Cytisin ist in der Papilionaceenverwandtschaft weit verbreitet [Plugge (61)], aber nicht immer richtig erkannt, so daß die Namen Ulexin, Sophorin, Baptitoxin (aus *Baptisia tinctoria* R. Br.) identisch mit Cytisin sind.

Cytisin $C_{11}H_{14}N_2O$ findet sich außer in Cytisusarten wie *C. alpinus, supinus, elongatus, Weldeni, ruthenicus, hirsutus, nigricans, biflorus, angustifolius, Alschingeri, Adami, polytrichus, Monspessulanus, ponticus, proliferus, candicans* in *Ulex europaeus* (Samen mit rund 1 % Ulexin = Cytisin), *Ul. parviflorus, Ul. hibernicus, Ul. Jussiaei, Genista tinctoria* (Samen), *G. monosperma* mit 1,87 % Cytisin im Samen, über das Cytisinvorkommen bei anderen Genistaarten, bei *Lotus suaveolens, Colutea orientalis, Thermopsis, Cytisus, Pitteria ramentacea, Sophora, Abrus, Crotalaria, Pocockia* und *Securigia* s. Rauwerda (62) und Plugge und Rauwerda (63).

Cytisin wird verschiedentlich, z. B. bei psychischen Störungen, Geisteskrankheiten, Epilepsie angewandt, erregt die zentralen und die peripheren Nerven und fördert die Speichelsekretion und die Darmperistaltik und bewirkt Erbrechen. Große Gaben bewirken den Tod durch Atmungslähmung. Cytisin ist in vielen Dingen dem Nicotin sehr ähnlich [Dale und Leidlow (64)]. Vergiftungen kommen relativ häufig bei Kindern nach Kauen von Blüten und Hülsen des Goldregens vor.

Gastrolobium calycinum Benth. enthält nicht toxisches Cygnin und *Anagyris foetida* L., Stinkstrauch, enthält in den Samen (neben Cytisin) Anagyrin $C_{15}H_{22}N_2O$ (?) [Schmidt, Litterscheid und Klostermann (65), Goesmann (66), Merck (29)].

Lupinus-Arten, insbesondere *Lupinus luteus, L. niger, L. albus* und *L. angustifolius* enthalten folgende Alkaloide:

Lupinus luteus: Lupinin $C_{10}H_{19}NO$, festes Alkaloid;
Lupinidin $C_{15}H_{26}N_2$ (= Spartein), flüssiges Alkaloid.

L. albus L. } Lupanin $C_{15}H_{24}N_2O$
L. angustifolius L. } (d- und r-Lupanin).
L. perennis Oxylupanin $C_{15}H_{24}N_2O_2$.

Der Alkaloidgehalt der Samen verschiedener Lupinenarten beträgt [Gerhard (69)]:

1. bezogen auf Lupanin

L. affinis Agdh. . .	0,553 %
L. mutabilis Sud. . .	1,175 %
L. pubescens Benth. .	1,312 %
L. Moritzianus Kth. .	0,788 %
L. Crucksanksii H. .	1,329 %
L. albo-coccineus ? .	0,865 %

2. Gesamtalkaloidgehalt

	Täuber (67)	Hiller (68)
L. luteus L. . .	0,81 %	(0,65 %)
L. „ weißsamig	0,70 %	(0,55 %)
L. albus L. . .	0,51 %	(0,45 %)
L. polyphyllus Lindl.	0,48 %	
L. termis Forsk.	0,39 %	(0,35 %)
L. caeruleus (weißsamig) . . .	0,37 %	(0,20 %)
L. linifolius Roth	0,32 %	(0,24 %)
L. albus L. . .	0,27 %	(0,27 %)
L. caeruleus ? .	0,29 %	(0,21 %)
L. angustifolius L.	0,25 %	(0,21 %)
L. hirsutus L. .	0,02 %	(0,04 %)
L. niger . . .	0,15 %	
L. Crucksanksii .	1,00 %	

Über Entbitterung der Lupinensamen s. Boas und Merkenschlager (70).

Lupinus luteus ist reicher an Alkaloid als *Lupinus angustifolius* und *L. hirsutus*, wie aus folgender Tabelle hervorgeht:

	Flüssiges Lupinidin	Festes Lupinin	Gesamtalk.
L. luteus	0,39	0,42	0,81 %
L. angustifolius	0,03	0,22	0,23 %
L. hirsutus		0,02	0,02 %

Lupinin, von Willstätter und Fourneau (71) als $C_{10}H_{19}NO$ erkannt, besitzt schwachen Geruch und bittern Geschmack und wirkt physiologisch wie Spartein, aber schwächer. Lupinidin ist nach Willstätter und Marx (72) identisch mit Spartein, das in *Sarothamnus scoparius* (*Spartium scoparium* L.) vorkommt. Dem Lupinidin wie dem Spartein kommt die Formel $C_{15}H_{26}N_2$ zu. Lupinidin ist eine flüssige Base. Die bei der Lupinenfütterung auftretende Krankheit der Schafe, die Lupinose, scheint mit dem Alkaloidgehalt der Lupinen absolut nichts zu tun zu haben. Siehe auch Merck (29).

Von Lupanin, das in inaktiver und in der aktiven d-Form in Lupinus vorkommt, sowie über Oxylupanin sind besondere physiologische Wirkungen nicht bekannt.

Sarothamnus scoparius Koch (*Spartium scoparium* L.), der Besenginster, enthält drei Alkaloide:

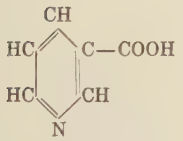
1. Spartein (= Lupinidin), ein farbloses Öl $C_{15}H_{26}N_2$ zu 0,2—0,7 %, besonders reichlich im März;
2. Sarothamnin $C_{15}H_{24}N_2$ und
3. kristallisierendes Genistein $C_{16}H_{28}N_2$.

Spartein als Sparteinsulfat vielfach in der Medizin als Herztonikum verwendet, ist relativ wenig giftig, jedenfalls erzeugen 0,4 g beim Menschen nur Eingenommensein und Kopfschwere.

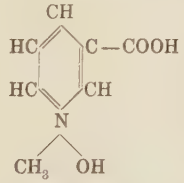
Trigonella foenum graecum L. enthält in den Samen 0,13 % Trigonellin, das bei dem Erhitzen mit Salzsäure auf 260 bis 270° C nach folgender Gleichung zerfällt:

$$C_7H_7NO_2 + HCl = CH_3Cl + C_6H_5NO_2$$

Trigonellin Chlormethyl Nicotinsäure



Nicotinsäure



Trigonellin

Trigonellin ist daher identisch mit dem Methylbetain der Nicotinsäure. Es ist ohne bemerkenswerte physiologische Eigenschaften. Auf sein Vorkommen in anderen Pflanzenfamilien wurde schon eingangs unter Nr. 4 hingewiesen.

Arachis hypogaea L. enthält neben Cholin und Betain Arachin $C_5H_{14}N_2O$, es wirkt vorübergehend narkotisch und lähmend.

Erythrina hypaphorus und vermutlich andere Arten von *Erythrina* enthalten Hypaphorin $C_{14}H_{18}N_2O_2$, das ein α-Trimethylamino-β-Indolpropionsäurebetain ist. Es ist in Wasser leicht löslich, vermutlich im Pflanzenreich weitverbreitet, nach v. Lippmann auch in Rübenschößlingen in Begleitung von Tryptophan, von dem aus es synthetisch hergestellt werden kann [Greshoff (73), v. Romburgh (74), v. Romburgh u. Barger (75)].

Retama sphaerocarpa, Retamin $C_{15}H_{26}N_2O$, stark alkalisch, wasserlöslich, dem Spartein nahestehend, physiologisch unwirksam.

Ormosia dasycarpa Jacks. und *O. coccinea* Jacks. (*Robinia cocc.* Aubl.). Früchte mit morphinähnlich wirkendem Ormosin $C_{20}H_{33}N_3$, wasserunlöslich. Daneben das isomere Ormosinin $C_{20}H_{33}N_3$. In *Ormosia coccinea* auch ein Alkaloid, das aber wirkungslos ist [Heß und Merck (76), (29)].

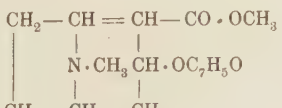
Galega officinalis, Geisklee, im Samen etwa 0,5% Galegin $C_6H_{13}N_3$; ein sauerstofffreies Alkaloid; bitter, optisch inaktiv, alkalisch gegen Lakmus [Fragner (77)].

Pentaclethra macrophylla Benth. Frucht: Pauconuß, Samen »Owalasamen«, mit Paucin, $C_{27}H_{39}N_5O_5 + 6\frac{1}{2}$ aq., giftig. Merck, Jahresb. 1894.

Sophora angustifolia, »Matari« in Japan genannt, enthält in der Wurzel die bitertiäre Base Matrin $C_{15}H_{24}N_2O$ [Plugge (78)] mit derselben Zusammensetzung wie Lupanin.

25. Erythroxylaceae. Hierher die wichtige Gattung *Erythroxylon* mit der Art *Erythroxylon coca* Lam., welche in den Blättern (folia cocae) folgende nahe miteinander verwandte Alkaloide liefert:

a) Cocain (l-Cocain, Methyl-Benzoylergonin $C_{17}H_{21}NO_4$);



Cocain

b) Cinnamylcocain $C_{19}H_{23}NO_4$
c) Truxilline $(C_{19}H_{23}NO_4)_2$
d) Benzoylecgonin $C_{16}H_{19}NO_4$
e) Tropacocain $C_{15}H_{19}NO_2$
f) Hygrin $C_8H_{15}NO$
g) Cuscohygrin $C_{13}H_{24}N_2O$.

Cocain, ein Ester, wird schon durch Kochen mit Wasser verseift zu Benzoylecgonin und Methylalkohol.

$$\underset{\text{Cocain}}{C_{17}H_{21}NO_4} + H_2O = \underset{\text{Benzoylecgonin}}{C_{16}H_{19}NO_4} + \underset{\text{Methylalkohol}}{CH_3OH}$$

Durch Mineralsäuren zerfällt Cocain in Ecgonin, Benzoesäure und Methylalkohol

$$\underset{\text{Cocain}}{C_{17}H_{21}NO_4} + 2H_2O = \underset{\text{Ecgonin}}{C_9H_{15}NO_3} + \underset{\text{Benzoesäure}}{C_7H_6O_2} + \underset{\text{Methylalcohol.}}{CH_3OH}$$

Cocain ist also ein Ecgonin, bei dem ein Wasserstoffatom durch die Benzoylgruppe und ein anderes durch die Methylgruppe ersetzt ist:

Ecgonin $C_9H_{15}NO_3$,
Benzoylecgonin $C_9H_{14}NO_3$ $(CO \cdot C_6H_5)$,
Cocain, Benzoylecgoninmethylester $C_9H_{13}NO_3(COC_6H_5)(CH_3)$.

Außer *Erythroxylon coca* Lam. kommt als wertvolle Cocainpflanze *E. coca var. Spruceanum* Burck. in Betracht, die die sog. Javablätter mit etwa 1,32 % Cocain- und 2—2,5 % Gesamtalkaloidgehalt liefert. Weitere Cocainpflanzen sind nach Eijkman (79):

E. monogynum Roxb. mit 0,04 % in den Blättern. *E. retusum* Bauer (= *E. Burmanicum* Griff.) in den Blättern 0,17%, in der Rinde 0,04 %.

E. lamifolium Lam. 0,16 % in den Blättern.

E. lucidum Moon. (Sethia acuminata Arn.). Blätter mit 0,13 % Alkaloid.

Auch die Rinden enthalten Cocain, für *E. coca var. Spruceanum* wird von Eijkman 0,976 % Gesamtalkaloidgehalt, davon ¾ Cocain angegeben. Übrigens enthalten nach Dragendorff noch andere Erythroxylonarten Cocain. Auf den Alkaloidgehalt der Samen sei nur kurz hingewiesen.

Cocain wird im großen als Lokalanästhetikum verwendet. Die mißbräuchliche Verwendung des Cocains führt zu Verdauungskrankheiten, allgemeiner Schwäche und geistigem Verfall, Cocainismus, der schwer heilbar ist. Die Toleranz gegen Cocain, die einzelne Menschen erwerben können, kann sehr groß werden, so daß täglich mehrere Gramm vertragen werden können, während beim normalen Menschen schon 5 cg schwere Vergiftungen auslösen können.

26. **Zygophyllaceae.** *Peganum harmala* L. in der Samenschale folgende drei Alkaloide:

Harmalin $C_{13}H_{14}N_2O$
Harmin $C_{13}H_{12}N_2O$,
Harmalol $C_{12}H_{12}N_2O$ (Harmalarot).

Die Alkaloide finden sich vorzugsweise als Phosphate in der Samenschale, etwa zu 4 %; Harmalin und Harmin bilden davon etwa je ⅓. Harmalin dient zur Herstellung von »Türkisch Rot«.

Harmalin bewirkt bei Warmblütern erst Erregung (Halluzination und Krämpfe), dann Lähmung, auch die Speichelsekretion wird vermehrt. Harmin wirkt schwächer.

Harmalin liefert bei energischer Spaltung mit rauchender Salzsäure Chlormethyl und Harmalol, das einerseits basisch, andererseits ein typisches Phenol ist.

$$\underset{\text{Harmalin}}{C_{12}H_{11}N_2(OCH_3)} + HCl = \underset{\text{Harmalol.}}{C_{12}H_{11}N_2(OH)} + CH_3Cl$$

Darstellung und Chemie O. Fischer (80).

27. **Rutaceae.** *Chloroxylon Swietenia* D.C. Holz, das ostindische Seidenholz enthält Chloroxylonin $C_{22}H_{23}NO_7$. In Blättern und in der Rinde findet sich Chloroxylin. Chloroxylonin ist hautreizend und stellt wahrscheinlich die wirkungsvolle Substanz des in der Dermatologie verwendeten Seidenholzes dar. Manson (81). Über Chloroxylin s. Boorsma (82).

Xanthoxylum caribaeum Lam. (*X. clava Herculis* DC.). In der Rinde entdeckten Chevallier und Pelletan (83) den Xanthopikrit, der dann als Berberin erkannt wurde.

Auch andere Arten von Xanthoxylum enthalten Alkaloide, worunter auch wieder Berberin ist.

Lunasia costulata Miq. enthält in der Rinde das Herzgift Lunasin, das kristallisierende Lunacrin und Lunacridin, ebenfalls Herzgifte; das Holz enthält Lunasin und Lunacridin, die Blätter außer den drei

Alkaloiden der Rinde noch Lunin. Die Lunasiarinde dient als Heilmittel, Lewin (84), Boorsma (85). Die Rinde von *L. amara* Blanco. (*Rabelaisia philippensis* Planch.), vielleicht mit *L. costulata* synonym, dient auf den Philippinen als Pfeilgift. Boorsma bei *L. costulata* (89). Die von Rosenthal, Gärtner (86), Plugge (87) und Weigt (88) untersuchte *Lunasia-* oder *Rabelaisia*-Rinde stammt nach Boorsma von der Calastracee *Lophopetalum toxicum* Boorsma (89), bei *Lunasia costulata* und Loher (89).

Pilocarpus pennatifolius Lem., ferner *P. Selloanus* Engl. liefern die giftigen, offizinellen Jaborandiblätter. Die Jaborandiblätter (auch *P. microphyllos* Stapf; *spicatus* St. Hil., *trachylophus* Holm., *officinalis* Poehl, *Jaborandi* Holm; *pauciflorus* St. Hil., siehe insbesondere Holmes (90), enthalten folgende Alkaloide:

1. Pilocarpin $C_{11}H_{16}N_2O_2$
2. Isopilocarpin $C_{11}H_{16}N_2O_2$
3. Pilocarpidin $C_{11}H_{14}N_2O_2$
4. Pilosin (Carpillin) $C_{16}H_{18}N_2O_3$.

Ferner wird noch α-Pilocarpin und α-Jaborin angegeben. Petit und Polonowski (91).

Das Hauptalkaloid ist Pilocarpin, es kommt zu etwa 0,6 % in den Blättern vor. Pilocarpidin wurde zuerst in den Blättern von *P. Jaborandi* entdeckt und Pilosin findet sich in geringer Menge in den Mutterlaugen der Alkaloide aus *P. microphyllus* Stapf.

Außer den Blättern enthält bei *P. pennatifolius* Alkaloid: die Rinde, Blütenstiele 0,51 %, Blütenknospen 0,44 %, Blütenachse 0,27 %, Blattspindeln 0,23 % und junge Stengel 0,18 %. Tunmann (92).

Pilocarpin erregt das Zentralnervensystem, befördert die Drüsentätigkeit (Speichelfluß, Nasen- und Tränensekretion), da es auch die peripheren, in den Drüsen endenden Nerven reizt. Auch die Darmperistaltik wird stark angeregt (Gegenmittel Adrenalin). Insbesondere wird Pilocarpin in der Augenheilkunde verwendet; alle Pilocarpinwirkungen werden durch Atropin sofort aufgehoben.

Pilocarpidin und Isopilocarpin wirken schwächer.

Cusparia trifoliata Engl. (*Galipea officinalis* Hanc, *Bonplandia trifoliata* Willd. Nach Kew Index ist *Cusp. trifoliata* Engl. = *Galipea cusparia* St. Hil.) liefert die in Westindien vielfach als Fiebermittel verwendete Angosturarinde, die drei Alkaloide enthält, nämlich

a) Cusparin $C_{19}H_{17}NO_3$
b) Galipin $C_{20}H_{21}NO_3$
c) Galipoidin $C_{19}H_{15}NO_4$.

Galipea cusparia St. H. (*Bonplandia angostura* Rich., *Cusparia febrifuga* Humb.). Die Cusparinde enthält ähnliche Bestandteile; auch die Rinde von *C. dichotoma* Fr. All. ist ähnlich.

Die Angaben über das Vorkommen von drei weiteren Alkaloiden, nämlich Galipidin, Cusparein und Cusparidin sind unrichtig, Troeger und Kroseberg (93) und Troeger und Boenicke (94).

Evodia rutaecarpa enthält nach Asahina und Fujita in den Früchten zwei Alkaloide, nämlich Evodiamin $C_{19}H_{17}N_3O$ und Rutaecarpin $C_{18}H_{13}N_3O$.

Evodin wird für *Esenbeckia febrifuga* Juss. = *Evodia feb.* St. Hil. in der Rinde und Berberin für *Orixa japonica* Thunb. angegeben, Wehmer (96).

Skimmia japonica Thunb. Blätter enthalten das toxische Skimmianin $C_{32}H_{29}N_3O_9$, das neutral reagiert, in Salzen bitter schmeckt und nach Honda (97) ein Krampf- und Herzgift darstellt. Die anderen Teile der Pflanze sind alkaloidärmer.

Citrus aurantium Risso. (*C. sinensis* Pers., *C. aurantium var. dulcis* L.) Orangen- oder Pomeranzenbaum, Apfelsine, Stachydrin wurde von Jahns (98) in den Blättern von *Citrus aurantium* L. gefunden. Auch in den Blättern von *C. bigaradia* Loisl., der Pomeranze, findet es sich.

Casimiroa edulis Llv. Früchte (Arznei- und Nahrungsmittel in Mexiko) Casimiroin $C_{24}H_{20}N_2O_5$ und Casimiroidin $C_{17}H_{24}N_2O_5$. Power und Callan (99).

Flindersia australis. Enthält kristallisierendes, inaktives Flindersin $C_{23}H_{26}N_2O_7$, Matthes und Schreiber (100).

28. Simarubaceae. Das Alkaloid Picrasmin aus *Picrasma excelsa* (*Picraena excelsa*) und aus *P. Velozii* Planch. (*Picraena Vell.* Engl.) ist wenig untersucht. Möller (101), Thomson (102).

29. **Meliaceae.** *Naregamia alata* W. et A. enthält in der Wurzelrinde unter anderm Naregamin (103).

30. **Euphorbiaceae.** *Ricinus communis* L. enthält in allen Teilen der Pflanze, insbesondere in jungen etiolierten Pflanzen, Ricinin $C_8H_8N_2O_2$ zu etwa 2,5 %. Ricinin enthält einen Pyridinkomplex, Tuson (104) und Schulze (105). Das toxische Ricinin wird auch für *Croton tiglium* L. angegeben, Tuson. *Acalypha indica* L., Brennkraut, enthält das Alkaloid Akalyphin.

Daphniphyllum bancanum Kurz enthält in Rinde, Blättern und Samen ein toxisches Alkaloid Daphniphyllin, Plugge (106).

31. **Buxaceae.** *Buxus sempervirens* L. enthält mehrere Alkaloide, nur das Buxin der Blätter und der Rinde ist genauer bekannt. Scholtz (107).

32. **Anacardiaceae.** *Quebrachia Lorentzii* Gris. = *Schinopsis Lor.* Engl. (*Loxopterygium Lor.* Gris.) liefert die rote Quebrachorinde, Quebracho colorado, mit dem bitteren Alkaloid Loxopterygin $C_{26}H_{34}N_2O_2$(?); Hesse (108).

Über die weiße Quebrachorinde siehe Apocynaceae Nr. 43: *Aspidosperma.*

33. **Aquifoliaceae.** *Ilex paraguariensis* St. Hil. Maté, Paraguaytee, *Folia Maté*, auch andere Arten, enthält in den Blättern 0,2—1,6 % Coffein.

Sapindaceae. Es wird das Vorkommen von Coffein für *Paullinia cupana* H. B. K. (*Paullinia sorbilis* Mart.) in den Samen bis zu 5 % angegeben. Die Samen dienen zur Bereitung der Guarana, Pasta Guarana oder Quarana. Coffein-Guaranin. Über den Coffeinnachweis siehe Nestler (109).

P. curare L. (*Serjania nodosa* Radlk.) soll in den Früchten Curarin enthalten; Preyer (110).

34. **Sterculiaceae.** Familie mit den wichtigen Alkaloiden Coffein=Thein, und Theobromin.

Coffein oder Caffein, $C_8H_{10}N_4O_2$ oder 1,3,7-Trimethyl-2,6-Dioxypurin findet sich nicht nur in der Sterculiaceenfamilie bei *Cola acuminata* Schtt. A. End. (*Sterculia acuminata* Beauv.), *Theobroma cacao* L., sondern auch in den Theaceen *Thea sinensis* L. (*Camellia thea* L.), bei *Paullinia sorbilis Sapindaceae*, bei *Ilex paraguariensis Aquifoliaceae* (Matétee).

Cola acuminata Schtt. et Endl. liefert in der Colanuß 1—2 % Coffein und 0,023 % Theobromin. Die Blätter enthalten nur im Jugendzustand Coffein 0,049 % und Theobromin 0,10 %, bezogen auf Trockensubstanz. Auch in den Blüten finden sich die beiden Basen; junge Früchte enthalten 0,18 % Coffein, 0,32 % Theobromin, reife Samen 2,02 % Coffein und 0,01 % Theobromin, die Fruchtwand (Meso- und Pericarp) sind sehr arm an Basen. Bei der Keimung nimmt der Alkaloidgehalt ab; Keimpflanzen führen 1,28% Coffein und 0,04 % Theobromin; Wurzeln und alte Blätter sind alkaloidfrei.

Theobroma cacao L., Cacaobaum, enthält in den Blättern bezogen auf Trockensubstanz 0,5 % Theobromin (junge Blätter 0,55 %, mittelalte 0,29 %, alte nur noch Spuren). Coffein im jungen und im erwachsenen Blatt in Spuren. Samen enthalten wechselnde Mengen von Theobromin (1,5—2,4 % frei; 1,58—2,75 % gebunden in geschälten, gerotteten, nicht gerösteten Bohnen, Kreutz, Zs. f. Unters. Nahr.- und Genußmittel 17, 526, 1909) und Coffein (0,11—0,81 %). Samenschalen enthalten 0,42—1 % Theobromin, 0,02 % Coffein, die bei der Cacaofabrikation abfallenden Keime 1,28 % Theobromin und 0,08 % Coffein. Über die Zusammensetzung siehe insbesondere König, Chemie der Nahrungs- und Genußmittel.

Cacaobohnen liefern *Theobroma bicolor* H. B., *Th. angustifolium* Moç. et Sess., *Th. glaucum* Karst., *Th. ovatifolium* Moç. et Sess., *Th. microcarpum* Aubl.

Heritiera littoralis Ait. Samen ohne Coffein dienen als Colaersatz.

35. **Theaceae.** *Thea sinensis* L. (*Th. chinensis* Sims., *Camellia thea* Lk., *C. theifera* Griff.), Teestrauch. Die Blätter enthalten 2—5 % Coffein (= Thein), Xanthin, Theophyllin, Hypoxanthin, Adenin, Theobromin. Der Coffeingehalt des Tees des Handels beträgt im allgemeinen:

Indischer Tee 2,78—4,91 im Mittel 3,45%
Ceylon-Tee 2,34—4,14 im Mittel 3,25%
Chines. Tee 2,62—3,75 im Mittel 3,04%

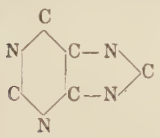
Coffein findet sich ferner in den Blütenteilen, im Samen, in der grünen Fruchtschale (0,6 %), in jungen Keimpflanzen (0,62 % in 10 Tage alten; 0,77 % in gleich-

alten verdunkelten Keimpflanzen). Zweige sind arm, Wurzeln und Holz frei von Coffein.

Die bei den Sterculiaceen und Theaceen häufig vorkommenden Alkaloide werden wegen ihrer nervenerregenden Wirkung allgemein angewandt. Außer im Tee, im Kakao, in der Colanuß, im Paraguaytee findet sich Coffein noch im Kaffee (Rubiaceen Nr. 49). Diese sieben Alkaloide kann man als die Gruppe des Xanthins zusammenfassen. Zur Xanthingruppe gehören:

a) Xanthin $C_5H_4N_4O_2$
b) Coffein $C_8H_{10}N_4O_2$
c) Theobromin $C_7H_8N_4O_2$
d) Theophyllin $C_7H_8N_4O_2$ } Zersetzungsprodukte
e) Hypoxanthin $C_5H_4N_4O$ } des
f) Guanin $C_5H_5N_5O$ } Nucleins.
g) Adenin $C_5H_5N_5$ }

Die Xanthinbasen sind Abkömmlinge eines stickstoffhaltigen bicyclischen Ringsystems, des Purins $C_5H_4N_4$



Außer in Teeblättern findet sich Xanthin im Rübensaft, Lippmann, Ber. Chem. Ges. 29, 2645, in der Gerste, in Lupinenkeimlingen, in Früchten von *Aralia cordata*, im Fliegenpilz und im Weißklee.

Coffein kommt außer in den oben genannten Pflanzen im Samen von Kaffee vor, in welchem es an Zitronen- und Kaffeegerbsäure gebunden ist. Theobromin ist im Kakao an Apfelsäure gebunden. Hypoxanthin ist in Samen der Lupine, Gerste, des Senfes, des schwarzen Pfeffers, des Kürbis, der Wicke, der Luzerne, des Klees, in der Weizenkleie, in der Kartoffel, in der Zuckerrübe und im Tee vorhanden, während Guanin nach Schulze (111) in Samen der Wicke, Luzerne, in denen vom Klee und Kürbis, in gekeimter Gerste [Ullik (112)], in der Zuckerrübe [Lippmann (113)] und im Rohrzucker vorkommt.

Adenin, ursprünglich von Kossel aus Ochsenpankreas dargestellt, findet sich im Tee, im Zuckerrübensaft, im Hopfen, in Maulbeerblättern, in der Reiskleie, im Steinpilz; es entsteht ferner bei der Zersetzung des Nucleins durch verdünnte Schwefelsäure.

Die Alkaloide der Purinreihe haben die gleichen Wirkungen, nämlich 1. Beeinflussung zentraler nervöser Apparate, 2. Beeinflussung des Kreislaufes, 3. der Harnausscheidung und 4. der Muskeltätigkeit und Muskelzusammensetzung. Insbesondere regt Coffein Gehirn und Rückenmark an, auch wirkt es antagonistisch auf Alkohollähmung ein. Die gerinnende Einwirkung des Coffeins auf Muskelzellen scheint ein Analogon zu haben in der von O. Loew entdeckten Einwirkung von Coffein auf eine Reihe pflanzlicher Zellen. O. Loew (114).

36. Cariaceae. *Carica papaya* L. (*Papaya vulgaris* D. C.), Melonenbaum. Blätter und Milchsaft enthalten Carpain $C_{14}H_{25}NO_2$, eine kristallisierende sekundäre Base von bitterem Geschmack. Carpain vermindert die Pulsfrequenz und die Herzenergie (Herzgift), auch lähmt es beim Frosch das Zentralnervensystem. Wester (115). Auch in *Vasconella hastata*.

37. Cactaceae. Einzelne Alkaloide dieser großen Familie haben ein größeres allgemeines und wirtschaftliches Interesse. Es sind das insbesondere die Anhaloniumbasen, die in *Anhalonium Lewinii* Henng. (= *Echinocactus* L., *Lophora* L.), in *A. Williamsii* Lem. (*Echinocactus Will.* Lem.), in A. *fissuratum*, A. *Jourdanianum* Lem. (*Ech. Williamsii* Lem.) vorkommen. Es sind folgende Anhaloniumbasen:

a) Anhalin $C_{10}H_{17}NO$, in *Anhalonium fissuratum*, identisch mit Hordenin;
b) Mescalin $C_{11}H_{17}NO_3$, stark berauschend und Farbenvisionen erzeugend;
c) Pellotin $C_{13}H_{19}NO_3$, zu etwa 3,5 % in *Anhal. Williamsii;* 0,74% in der frischen Pflanze. Eig. Pellote der Mexikaner, Schlafmittel;
d) Anhalonidin $C_{12}H_{17}NO_3$;
e) Anhalamin $C_{11}H_{15}NO_3$;
f) Anhalonin $C_{12}H_{15}NO_3$, in *Anhal. Jourdanianum*;
g) Lophophorin $C_{13}H_{17}NO_3$, in *Anh. Lewinii*.

Die abgeschnittenen Blütenköpfe von *Anh. Lewinii* liefern »Pellote«, als Berauschungsmittel bei den Eingeborenen Mexikos benutzt, als Mescal Buttons als Droge im Handel, enthalten sie etwa 1,8 %

Alkaloide, und zwar Anhalonin 0,25 %, Pellotin 0,2 %, Lophophorin 0,25 %, Mescalin 0,9 %, Anhalonidin 0,2 %.

Über die Anhaloniumbasen vgl. Merck Nichtoffizinelle Alkaloide, über Anhalamin Späth und Röder (116).

38. **Punicaceae.** Familie mit den Granatbaumalkaloiden:

Pseudopelletierin	$C_9H_{15}NO$
Pelletierin	$C_8H_{15}NO$
Isopelletierin	$C_8H_{15}NO$
Methylpelletierin	$C_9H_{17}NO$

Nach Tanret, C. Rend. **86**, 1270, **87**, 358, **88**, 716, **90**, 635.

Punica granatum L., Granatbaum, enthält in der Wurzelrinde etwa 1 % Alkaloide. Punicin und Granatin (?) der Älteren ist Pelletierin. Pseudopelletierin auch als Granatonin und Pseudopunicin bezeichnet; Heß (117) und Mitarbeiter scheinen andere Alkaloide in Händen gehabt zu haben. Heß gibt folgende Formeln an:

Pelletierin	$C_8H_{15}NO$

Über die Verwandtschaft mit Coniin siehe den allgemeinen Teil.

Isopelletierin	$C_8H_{15}NO$
Methylisopelletierin	$C_9H_{17}NO$
α-N-Methyl-Piperidyl-(1)-propan-2-on	$C_9H_{17}NO$.

Es stimmt also nur das Isopelletierin von Heß und von Tanret überein.

Pelletierin, benannt nach dem französischen Alkaloidforscher Pelletier, ist das wirksame Agens der Granatbaumrinde, das deren tänifuge Eigenschaft bewirkt. Auf Warm- und Kaltblüter usw. wirkt es lähmend, ähnlich wie Strychnin, und wird allgemein als Anthelminthicum verwendet.

39. **Myrtaceae.** *Eugenia jambosa* L. (= *Myrtus jambosa* Kth., *Jambosa vulgaris* D. C. Blätter, Rinde und Wurzelrinde mit Jambosin $C_{10}H_{15}NO_3$; Gerard (118).

40. **Umbelliferae.** Hierher gehören die Conium alkaloide. In *Conium maculatum* L. finden sich

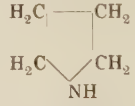
Hauptalkaloide
a) Coniin $C_8H_{17}N$
b) γ-Conicein $C_8H_{15}N$
c) Conhydrin $C_8H_{17}NO$

Nebenalkaloide
d) Pseudoconhydrin $C_8H_{17}NO$
e) N-Methylconiin $C_9H_{19}N$

Diese Alkaloide sind an Äpfelsäure und Kaffeesäure gebunden und finden sich in allen Teilen der Pflanze, insbesondere in nicht ganz reifen Früchten. Es enthalten nicht ganz reife Früchte etwa 1 % Coniin, 0,01 % Conhydrin.

Coniin ist eine farblose, alkalische Flüssigkeit von durchdringendem Geruch und brennendem Geschmack; es ist das erste Alkaloid, das synthetisch gewonnen wurde. Ladenburg (119).

Coniin wirkt lähmend auf die motorischen Nervenendigungen und auch auf Rückenmark und verlängertes Mark, während das Großhirn unberührt bleibt. Coniin findet mancherlei medizinische Anwendung.

Daucus carota L. enthält in den Blättern außer Daucin $C_{11}H_{18}N_2$ die flüchtige Base Pyrrolidin C_4H_9N  die

Stammsubstanz wichtiger Alkaloide wie Hygrin, Nicotin, Atropin, Cocain, Galegin, Betonicin, Tunicin, Stachydrin.

41. **Symplocaceae.** *Symplocos racemosa* Roxb., Loturinde mit 0,24 % Loturin und anderen Körpern. Hesse (120). Siehe auch Arariba (Rubiaceae Nr. 49).

42. **Loganiaceae.** Als besonders giftige und wichtige Alkaloide dieser Familie kommen in Betracht:

a) Strychnin $C_{21}H_{22}N_2O_2$
b) Brucin $C_{23}H_{26}N_2O_4$
c) Gelsemin $C_{20}H_{22}N_2O_2$ und Gelseminin
d) Curarealkaloide
e) Spigeliin.

Strychnos nux vomica L., der Krähenaugenbaum, enthält in der Brechnuß 1,5% Strychnin und etwas mehr Brucin; die Rinde, die falsche Angosturarinde, enthält vorzugsweise Brucin; 3,1 % in jungen, 1,68 % Brucin in älteren Rinden. Strychnicin findet sich in Blättern; Holz, das Strychnin und Brucin enthält, ist frei von Strychnicin.

Strychnos Ignatii Berg. (*Ignatia amara* L., *Ig. philippinica* Lour.), Ignatiusbohne, enthält im Samen etwa 3 % Alkaloide, davon etwa 1,8—2 % Strychnin, Stamm,

Holz und Rinde führen bis 0,932 % Alkaloide, in der Rinde vorzugsweise Strychnin.

Strychnos Tieuté Lesch. Die Wurzelrinde liefert das Pfeilgift Upas Radja (Upas Tienté) mit Strychnin. Rinde, Blätter und Same enthalten bis 1,5 % Strychnin und Spuren Brucin.

Str. Gaultheriana Pier. (*St. malaccensis* Benth.). Die als Heilmittel benutzte Rinde enthält bis 2,7 % Brucin; Flückiger (121).

Str. toxifera Schomb. Die als Heilmittel benutzte Rinde liefert Calebassencurare mit Alkaloid Curarin. Curare ist ein sehr wirksames Pfeilgift.

Str. Castelnaei Wedd. (*Str. Castelnaeana* Baill.) liefert Topfcurare mit Alkaloiden Protocurin, Protocurarin, Protocuridin, letzteres nicht toxisch.

Andere Strychnosarten liefern »Tubocurare«, Paracurare. Tubocurare ist die Handelssorte und enthält außer 11—14% Wasser, 12—15% Curin, 9—11% Tubocurarin und 12,3% Asche. Es ist das Pfeilgift der Orinokoindianer. *Str. Gubleri* Planch. liefert ebenfalls Pfeilgift. Dem Curare wird zur Wirkungsverstärkung Blätterextrakt einer *Anthurium*-Art beigefügt.

Außer diesen Arten liefern noch *Str. cogens* Benth., *Str. hirsuta* Spr., *Str. Crevauxiana* Baill., *Str. Meloniana* Mart., *Str. brasiliensis* Mart., *Str. curare* Baill., *Str. Garderi* D. C. und andere Arten Curare.

Curare selbst bzw. Curarin ist so wenig genau bekannt, daß man Curare nach seiner Verpackungsart als Tubocurare in Bambusröhren, Stammpflanze unsicher, als Calebassencurare in Flaschenkürbissen, als Topfcurare in ungebrannten Tontöpfen bezeichnet. Über Curare selbst vergleiche man die Untersuchungen von Boehm (122), Boorsma (123) und Tillie (124), ferner Planchon (125).

Curarin ist per os genommen unwirksam, es lähmt subkutan eingespritzt die Endigungen der motorischen Nerven der quergestreiften Muskulatur. Die Curarewirkung, die so heftig ist, daß schon 28^{-8} g ein kg Frosch lähmen, wird durch Physostigmin aufgehoben.

Strychnin findet ausgedehnte Verwendung als Vergiftungsmittel für Mäuse usw. (Strychninweizen) und in der Medizin. Beim Menschen erzeugt Strychnin eine Verfeinerung der Sinnesempfindungen. In größerer Menge erzeugt es über den Weg des Strecktetanus durch Erstickung den Tod.

Der Name Brucin für das Alkaloid der Rinde von Strychnosarten kommt daher, weil Pelletier und Caventon 1818 die Rinde von *Strychnos nux vomica* für die von *Brucea ferruginea* (Simarubaceen) hielten. Brucin dient als nervines Tonikum, wirkt aber sechsmal schwächer als Strychnin. Vgl. zu Strychnin und Brucin Merck (126).

Giftige Alkaloide finden sich noch in anderen Strychnosarten, die vielfach zur Pfeilgiftbereitung verwendet werden. Die Pfeilgifte Tasem der Dajaks auf Borneo enthalten unter anderm auch Strychnin und Brucin, Ipu Tanah (Borneo) Strychnin und Brucin, Ipu Aka (Akka), Ipu Seluwang (Seloewang), Ipu Kajo, alle von Borneo, enthalten nur Strychnin, doch ist die Zusammensetzung offenbar wechselnd; ein Ipu-Pfeilgift von Malakka enthielt als Hauptalkaloid Brucin. Über Pfeilgifte und Pfeilgiftpflanzen siehe Lewin (127), Pabisch (128), Hartwich (129) und Wehmer (130).

Gelsemium sempervirens Ait. (*G. nitidum* Mich.). Gelber Jasmin enthält im Rhizom 0.2 %, in der Wurzel 0,17 %, im Stengel 0 % Alkaloide, nämlich nach Sayre (131)

1. kristallisiertes Gelsemin,
2. nicht kristallisierbares Gelseminin und
3. nicht kristallisierbares Gelsemoidin.

Gelsemin $C_{20}H_{22}N_2O_2$ und Gelseminin $C_{22}H_{26}N_2O_3$ sind beide sehr giftig. Der Wurzelstock, Radix Gelsemii dient als Heilmittel und als Fischgift. Gelseminin wirkt auf das Auge wie Atropin. Auch *G. elegans* Benth. enthält in der sehr giftigen Wurzel die tetanisierenden Jasminalkaloide.

43. Apocynaceae. Wie die Loganiaceen so enthalten auch die Apocynaceen eine Reihe wichtiger Alkaloide, nämlich die Quebrachoalkaloide, die Alstoniaalkaloide, Pereiroalkaloide, Trigonellin in *Strophanthus hispidus* und andere weniger wichtige.

Aspidosperma quebracho blanco Schlecht. Die weiße Quebrachorinde, Cortex Quebracho blanco, White Quebracho,

als Fiebermittel enthält bei jungen Bäumen 1,4 %, bei alten etwa 0,3 % Alkaloide, und zwar:

a) Aspidospermin $C_{22}H_{30}N_2O_2$, bitter neutral,
b) Aspidosamin $C_{22}H_{28}N_2O_2$, vielleicht Zersetzungsprodukt von a),
c) Aspidospermatin $C_{22}H_{28}N_2O_2$, bitter, stark basisch,
d) Quebrachin $C_{21}H_{26}N_2O_2$, alkalisch,
e) Hypoquebrachin $C_{21}H_{26}N_2O_2$, vielleicht Zersetzungsprodukt von a),
f) Quebrachamin von unbekannter Zusammensetzung,
g) Yohimbin $C_{22}H_{28}N_2O_3 \cdot H_2O$. Unsicher und strittig. Siehe auch Rubiaceae (Nr. 49) unter Corynanthe Yohimbe.

Die Alkaloide der weißen Quebrachorinde sind an Gerbsäure gebunden und erregen das Atmungszentrum.

Aspidosperma spec. liefern Paytarinde, auch weiße Chinarinde. Payta alba mit Paytin $C_{21}H_{24}N_2O$, alkalisch reagierend, mit bitterem Geschmack, sein Umwandlungsprodukt ist Paytamin $C_{21}H_{24}N_2O$.

Aspidospermin liefern noch *Asp. polyneuron* Müll. Arg. mit 0,4 %, *Asp. pyricollum* Müll. Arg. mit 2,55 % Aspidospermatannoid, *Asp. sessiliflorum* All. mit 0,12 % in den Blättern und 0,3 % in der Rinde.

Alstonia scholaris R. Br. *(Echites sch.* L.) liefert Ditarinde, Cortex Dita. Chininsurrogat mit den Alkaloiden

1. Ditamin 0,04 % $C_{16}H_{19}NO_2$ amorph-alkalisch, bitter,
2. Echitenin $C_{20}H_{27}NO$ amorph,
3. Echitamin 0,13 % $C_{22}H_{28}N_2O_4 + 4H_2O$. kristallisiert, alkalisch, bitter.

Wie *Alstonia scholaris* verhält sich *Al. spectabilis* R. Br., die Poelérinde, Fiebermittel mit 0,132 % Ditamin, 0,808 % Echitamin und 0,08 % Echitenin liefert.

Echitamin von Hesse (132) ist nach Merck (133) identisch mit Ditain.

Alstonia constricta F. von Müll. liefert *Cortex Alstoniae constrictae,* Fieberbaumrinde, Bitter Bark, Fiebermittel mit den Alkaloiden:

Chlorogenin (2—2,5 %) $C_{21}H_{20}N_2O_4 + 3\frac{1}{2}H_2O$ (Alstonin) amorph, wasserlöslich;

Porphyrin (0,1 %) $C_{21}H_{25}N_3O_2$ amorph, nach Wehmer, Pflanzenstoffe 621, kristallisiert.

Geissospermum Vellosii Allem. (*Tabernaemontana laevis* Vell.) liefert Pereirorinde, *Cortex Pereiro,* Pao Pereiro, Fiebermittel mit den Alkaloiden:

Geissospermin $C_{19}H_{24}N_2O_2 \cdot H_2O$,
Pereirin $C_{19}H_{24}N_2O$ (?) amorph, 2,72 %,
Vellosin $C_{23}H_{28}N_2O_4$, brucinähnlich.

Frucht und Blätter enthalten nach Peckolt (134) Pereirin, das in Brasilien als Fiebermittel verwendet wird.

Strophanthus hispidus D. C. enthält im Samen außer Cholin Trigonellin nach Thoms (135).

Wrightia antidyssenterica R. Br. (*W. zeylanica* R. Br., *Nerium antidyss.* L.) enthält in der Rinde, *Cortex Conessi,* und Samen Semina Indageer, Conessin $C_{12}H_{20}N$ mit cocainähnlicher Wirkung (136).

Holarrhena africana D. C. *(Wrightia afr.* Roxb.), *H. antidyssenterica* Wall. *(Echites antidyss.* Roxb.) liefern ebenfalls Conessin und Conessirinde. In *Hol. congolensis* fand Pymann nach Burn (137) noch das cocainähnliche Alkaloid Holarrhenin $C_{24}H_{38}N_2O$.

Wrightia antidyssenterica enthält in der Rinde 1,27 %, im Samen 0,6 %; *Holarrhena africana* im Samen 0,1 % Conessin (= Wrightiin). Über Conessin siehe Giemse und Halberkamm (138).

Tabernanthe iboga Baill. Iboga, Aboua, Wurzeln (Iboge) im Kongo als Anregungsmittel bekannt, enthalten das anästhesierende, in größeren Gaben als Krampfgift wirkende Ibogain $C_{52}H_{66}N_6O_2$, Dybowski und Landrin (139). Ibogin ist vermutlich mit Ibogain identisch.

44. Asclepiadaceae. *Morrenia brachystephana* Griseb. Im Rhizom Morrenin. *Radix Morreniae brachystephanae.* Häntzschel (140).

Chlorostigma (Chloristigma) Stuckerianum ? Im Milchsaft Chlorostigmin Stukkert (141).

45. Borraginaceae. *Cynoglossum officinale* L. Im Samen ein curareähnliches Alkaloid, Cynoglossin, 0,002 % im frischen Samen, ferner das Glukoalkaloid Consolidin (frisch 0,00054 %) und das Nervengift Consolicin, Greimer (142).

Anchusa officinalis L. Blätter frisch mit 0,0035 % Cynoglossin, Cholin, Consolidin frisch 0,00094 %. Greimer, siehe vorige Art. Auch *Echium vulgare* L. verhält sich nach Greimer ähnlich.

Symphytum officinale L. Kraut mit 0,0021 % Symphytocymglossin, 0,00171 % Consolidin, Cholin. Im Rhizom 0,7 % Allantoin $C_4H_6N_4O_3$, das mit den Basen der Xanthingruppe verwandt ist. Allantoin soll stark anregend auf den Stoffwechsel wirken. Allantoin findet sich ferner noch in *Platanus orientalis* L. Knospen mit 0,5 bis 1 %, Schulze und Barbieri (143), *Triticum vulgare* im Samen, Richardson und Crampton (144), Power und Salway (145), *Datura metel* L. Samen, De Plato (146), *Nicotiana*, Samen. Scurti und Perciabosco (147), *Beta vulgaris*, Zuckerrübenmelasse.

46. Labiatae. Diese große Familie ist sehr arm an Alkaloiden, es kommen in Betracht:

Stachydrin $C_7H_{13}NO_2 \cdot H_2O$ von Schulze und Planta (148), in *Stachys tuberifera* Nd. (*St. Sieboldii* Miq., *St. affinis* Bge.) in den Knollen (Japanknollen) zu 0,18 % festgestellt. Daneben Trigonellin und Cholin. Stachydrin ist noch nachgewiesen in den Blättern von *Citrus* (Rutaceae Nr. 27). Jahns (149), in *Chrysanthemum*, in *Betonica officinalis* L., in *Galeopsis grandiflora*, in *Alfalfa*, Schulze und Trier (150), Yoshimura (151).

Das Vorkommen von Stachydrin in einer Familie, die sonst frei von typischen Alkaloiden ist, deutet darauf hin, daß Stachydrin mehr ein Eiweißabbauprodukt als ein typisches Alkaloid ist.

Betonica officinalis L. und *Stachys silvatica* enthalten Betonicin $C_7H_{13}NO_3$, es ist ein nahes Derivat des Oxyprolins. Küng und Trier (152). Hierher gehört auch das Turicin, süß schmeckend, neutral reagierend: $C_7H_{13}NO_3 \cdot H_2O$, stereoisomer mit Betonicin; Küng (153).

47. Solanaceae. In den Solanaceen finden sich folgende Alkaloide:

Atropin	$C_{17}H_{23}NO_3$
Hyoscyamin	$C_{17}H_{23}NO_3$
Nor-Hyoscyamin (Pseudohyoscyamin)	$C_{16}H_{21}NO_2$
Apoatropin (Atropamin)	$C_{17}H_{21}NO_2$
Belladonnin	$C_{17}H_{21}NO_2$
Scopolamin (Atroscin, Hyoscin)	$C_{17}H_{21}NO_4$
Meteloidin	$C_{13}H_{21}NO_4$

In der Tabakpflanze, *Nicotiana tabacum* L. sind nachgewiesen:

Nicotin	$C_{10}H_{14}N_2$
Nicotimin	$C_{10}H_{14}N_2$
Nicotein	$C_{10}H_{12}N_2$
Nicotellin	$C_{10}H_8N_2$

In Solanumarten findet sich das Glukoalkaloid Solanin, das bei der Hydrolyse in die Zucker, Galaktose, Glukose und Rhamnose und das Alkaloid Solanidin zerfällt.

Für das Solanin aus *Solanum sodomaeum* hat Oddo und Mitarbeiter die Formel $C_{54}H_{96}N_2O_{18}$ (Solanin S)$+H_2O$ aufgestellt.

Solanidin S ist $(C_{18}H_{31}NO)_2 \cdot H_2O$. Oddo und Mitarbeiter, Chem. Ztrbl. (1905), **1**, 1251; (1906) **2**, 127; (1907) **1**, 169; (1911) **2**, 757; (1914) **2**, 1156.

Über Solanin und Solanidin siehe auch Heiduschka und Sieger (154) und den Abschnitt »Saponine« dieses Handbuches.

Außer diesen Alkaloiden finden sich noch einige andere, wie Trigonellin in der Kartoffelknolle, den Basen der Blätter von *Duboisia myoporoides* R. Br., mit dem Alkaloidgemenge Duboisin (Hyoscyamin, Atropin, Scopolamin) u. a.

Über Solanaceenalkaloide, insbesondere *Atropa, Hyoscyamus, Datura*: s. Feldhaus (155), (*Datura*), Barth (156), (*Datura*), Chevalier (157), (Einfluß der Düngung), de Wèvre (158), (*Atropa*), Siim-Jensen (159), (*Hyoscyamus niger*) und Merck (29).

Atropin, Hyoscyamin und Scopolamin finden sich in *Atropa belladonna* L., *Hyoscyamus niger* L., *H. albus* L., *Datura stramonium* L., *Duboisia myoporoides* R. Br., *Scopolia carniolica* Jacq. (*S. atropoides* Bercht. et Presl.).

Apoatropin und Belladonnin scheinen auf die Tollkirsche beschränkt zu sein; Pseudohyoscyamin hat man nur in *Duboisia myoporoides* R. Br. beobachtet, Hyoscin findet sich im Bilsenkraut: Die Solanaceenalkaloide finden sich insbesondere in den Samen und in den Wurzeln, doch

auch in den übrigen Teilen der Pflanze, meist in geringer, 0,6 % in der Regel nicht übersteigender Menge. Im einzelnen ist zu bemerken:

Atropa belladonna L. Blätter: vorwiegend Hyoscyamin, weniger Atropin, Gesamtgehalt 0,547 % (trocken). Wurzel: Hyoscyamin, in älteren auch etwas Atropin; ferner Scopolamin, Apoatropin (= Atropamin), Gesamtgehalt im Mittel 0,44 % (0,31—0,64 %).

Früchte (Tollkirschen) von wilden Pflanzen, reif nur Atropin, unreif vorwiegend Hyoscyamin; von kultivierten Pflanzen, reif, Atropin und Hyoscyamin, Gehalt 0,107—0,132 %, bzw. trocken 0,47—0,88 %.

Samen: Atropin, Hyoscyamin in der Samenschale, reif zu 0,83 %.

Scopolia japonica Max. Wurzel (Japan. Belladonna, Roto, Radix Scop. jap.) Hyoscyamin, auch Atropin und Hyoscin (= Scopolamin), *S. carniolica* Jacq. Wurzelstock mit 0,32 % Hyoscyamin, wenig Atropin und Hyoscin (0,63%) (= Scopolamin).

S. lurida Dun. (*Anisodus lur.* Lk. et Otto) scheint in der Hauptsache nur Hyoscyamin zu enthalten.

Hyoscyamus niger L. Schwarzes Bilsenkraut, enthält in den Blättern (trocken) 0,03—0,06 % (doch auch mehr, 0,059—0,070 %) Hyoscyamin, in der Wurzel reicher, Samen Hyoscyamin, Scopolamin (= Hyoscin), Atroscin und Atropin (= vielleicht ein Umwandlungsprodukt des Hyoscyamin), Gehalt sehr schwankend.

H. muticus L. Blätter 0,1 %, trocken 0,9—1,39 % Hyoscyamin, Samenkapseln mit Samen 0,589—1,34 % Hyoscyamin in ägyptischen Pflanzen. Stengel und Blätter ebensolcher 0,596%, Wurzel 0,77—0,83%, Samen 1,14 % Hyoscyamin auf Trockensubstanz berechnet; Scopolamin scheint zu fehlen.

Datura stramonium L., Stechapfel. Blätter hauptsächlich Hyoscyamin, vermutlich auch Spuren von Atropin und Scopolamin; Hyoscyamin zu 0,329—0,347 % auf Trockensubstanz als Gesamtalkaloid angegeben. Die Alkaloide sitzen insbesondere in der oberen Epidermis und in den Leitbündeln. Junge Keimpflanzen mit 0,67 % Alkaloid sind reicher als der Same (0,48 %). Samen 0,33—0,48 % Alkaloid, insbesondere Hyoscyamin, wenig Atropin und Scopolamin (= Hyoscin). Die Alkaloide sind an Apfelsäure gebunden.

Datura metel L. Blätter: im Mittel 0,55 % Scopolamin (typische Scopolaminpflanze), auch in den Samen im Mittel 0,50 % Scopolamin, daneben noch Hyoscyamin und Atropin.

D. querifolia H. B. Kth. Scopolamin neben Hyoscyamin und wenig Atropin.

D. meteloides D. C. Blätter als Droge 0,4 % Alkaloide, Hyoscin, Atropin und 0,07 % Meteloidin.

D. arborea L. Blätter 0,44 % Scopolamin, auch Atropin und Hyoscyamin; Peckolt (160).

D. fastuosa L. (*D. alba* Neeß). Blüten 0,51 % Scopolamin, 0,03 % Hyoscyamin und 0,01 % Atropin; Hesse (161).

Nicotiana tabacum L. Virginischer Tabak. Blätter: 0,6—0,9 % Nicotin neben Nicotein, Nicotellin, Nicotimin.

N. affinis Hort. (*N. alata* L. et Otto), an sich nicotinarm, wenn aber auf *N. tabacum* gepfropft oder dieser als Unterlage dienend, dann 0,84—1,67 % der Trockensubstanz Nicotin.

Capsicum annuum L. Spanischer Pfeffer, Paprika und *C. fastigiatum* Bl. (= *C. minimum* Roxb.), Cayennepfeffer (doch auch *C. crassum* Willd., *C. brasilianum* Clus., als Cayennepfeffer) enthalten in der Frucht 0,01—0,02 % Capsaicin $C_{18}H_{27}NO_3$, den Träger des scharfen Geschmackes; Micko (162). Ob ein Alkaloid?

Die Solanaceenalkaloide, von denen Hyoscyamin sich äußerst leicht in Atropin umwandelt, sind physiologisch sehr wirksam. Atropin erregt Großhirn und Atmungszentrum, fördert die Darmperistaltik und bewirkt Pupillenerweiterung (Mydriasis). Deshalb spielt es in der Augenheilkunde eine Rolle. Bei Atropinvergiftungen tritt infolge Lähmung der Drüsen eine erhebliche Trockenheit im Mund und im Hals auf.

Hyoscyamin in der Natur als l-Hyoscyamin vorkommend, während Atropin optisch inaktiv ist, wirkt auf die Pupille und die Speicheldrüsen doppelt so stark wie Atropin.

Scopolamin besitzt die dem Atropin eigentümliche Pupillenwirkung, wirkt aber sonst auf das Großhirn im Gegensatz

zum Atropin und zum Hyoscyamin mehr betäubend, während Atropin mehr erregend wirkt.

Belladonin erweitert die Pupille, ebenso wie Pseudohyoscyamin.

Nicotin findet technisch eine vielseitige Verwendung, namentlich im Pflanzenschutz. Physiologisch kommen dem Nicotin vielfach Wirkungen, wie Erregung der Speicheldrüsen (Schweißausbruch) des Magens, des Darms, Pupillenverengerung zu. Da Nicotin eine starke Base ist, kann es auch ätzend wirken; Nicotin selbst ist ein farbloses und im reinen Zustand geruchloses Öl von scharfem, brennendem Geschmack, linksdrehend und sauerstofffrei. Es ist mit Wasserdämpfen flüchtig und nimmt erst bei längerer Berührung mit der Luft den sogenannten Tabakgeruch an.

48. Acanthaceae. Von dieser großen Familie ist nur das Vasicin von *Justicia adhatoda* L. (*Adhatoda vasica Neeß*), deren Blätter als Antiasthmatikum, Expektorans, Antiseptikum und Fischgift dienen, zu erwähnen. *Folia Adhatodae* als Droge, Boorsma (163).

49. Rubiaceae. Diese Familie enthält folgende Alkaloidgruppen:

a) Chinalkaloide der Cinchona- und Remijiaarten (Chinarinden-, Cuscorinden-, Remijiarindenalkaloide),

b) Yohimberindenalkaloide von *Corynanthe,*

c) Ipecacuanhaalkaloide von *Ipecacuanha officinalis,*

d) Coffein in *Coffea*

und außerdem noch einige andere Alkaloide.

Bezeichnend für die Chinaalkaloide ist die Fähigkeit, eine Fülle von Stereoisomeren bzw. Isomeren zu bilden; dies läßt sich insofern verstehen, als schon der Stammkörper der Chinaalkaloide, das Cinchonin vier asymmetrische Kohlenstoffatome aufweist, so daß von dieser einen Verbindung schon 16 Stereoisomere entstehen können. Die Chinabasen lassen sich folgendermaßen zusammenstellen:

a) Cinchonin	$C_{19}H_{22}N_2O$	Isomer
b) Cinchonidin	$C_{19}H_{22}N_2O$	
c) Chinin	$C_{20}H_{24}N_2O_2$	Isomer
d) Chinidin (Conchinin)	$C_{20}H_{24}N_2O_2$	
e) Hydrocinchonin (Cinchotin)	$C_{19}H_{24}N_2O$	
f) Hydrocinchonidin (Cinchamidin)	$C_{19}H_{24}N_2O$	
g) Hydrochinin	$C_{20}H_{26}N_2O_2$	
h) Hydrochinidin (Hydroconchinin)	$C_{20}H_{26}N_2O_2$	
i) Cuprein	$C_{19}H_{22}N_2O_2$	
k) Homochinin	$C_{39}H_{46}N_4O_4$	
l) Chinicin (Chinotoxin)	$C_{20}H_{24}N_2O_2$	
m) Chinamin	$C_{19}H_{24}N_2O_2$	
n) Conchinamin	$C_{19}H_{24}N_2O_2$	
o) Aricin	$C_{23}H_{26}N_2O_4$	
p) Cusconin	$C_{23}H_{26}N_2O_4$	
q) Diconchinin	$C_{40}H_{46}N_4O_3$	
r) Paricin	$C_{16}H_{18}N_2O$	
s) Dicinchonin	$C_{38}H_{44}N_4O_2$	
t) Cinchonamin	$C_{19}H_{24}N_2O$	
u) Chairamin	$C_{22}H_{26}N_2O_4$	
v) Chairamidin	$C_{22}H_{26}N_2O_4$	
w) Conchairamin	$C_{22}H_{26}N_2O_4$	
x) Conchairamidin	$C_{22}H_{26}N_2O_4$	
y) Concusconin	$C_{23}H_{26}N_2O_4$.	

Von größerer Wichtigkeit sind die ersten elf Alkaloide, die sich alle von Cinchonin $C_{19}H_{22}N_2O$ ableiten lassen. Die weniger bekannten Alkaloide stammen insbesondere von den Remijiaarten.

Über die große Chininliteratur vgl. man insbesondere C. Wehner (164) und »Chininum« (164 a).

Chinin wird im Parenchym der Laubblätter gebildet; der Chiningehalt nimmt mit der Blattentwicklung zu. Nachts ist der Chiningehalt oft sehr gering. Die Blattalkaloide scheinen durch den Mangel an Kristallisationsfähigkeit erheblich von den Rindenalkaloiden verschieden, letztere sind vermutlich Umwandlungsprodukte der Blattalkaloide.

Chinin, ein allgemeines Zellgift, Hosters (165), wird als Fiebermittel, als Spezifikum gegen Malaria und Infektionskrankheiten als Herztonikum und ferner bei zahlreichen physiologischen Laboratoriumsarbeiten verwandt. Es entwickelt nennenswerte antibakterielle Eigenschaften, und die von Bing entdeckte schnell abtötende Wirkung auf niedere Organismen hat später in der Chininbehandlung der Malaria eine große Bedeutung gewonnen. Über die ältere Chininliteratur siehe Bing (166). Chinin wirkt auf viele physiologische Vorgänge, auf die Zell-

struktur, Boas und Merkenschläger (167), auf Fermente, Rona und Haas (168), Smorodinjew und Adowa (169), ein. Praktisch wichtig außer seiner Wirkung auf Mikroorganismen ist die Wirkung auf das Wärmeregulationszentrum, weswegen es als Fiebermittel Verwendung findet. Die Stickstoffbilanz des gesunden und kranken Körpers wird günstig beeinflußt, so daß Chinin in gewissem Sinne ein Sparmittel für den Organismus darstellt.

Über Chinotoxin und Cinchotoxin, letzteres stark giftig, siehe Biberfeld (170).

Vom Cuprein $C_{19}H_{22}N_2O_2$ leitet sich eine Reihe wichtiger, heftig wirkender Substanzen ab, man vgl. Morgenroth (171), nämlich Optochin (Äthylhydrocupreinchlorhydrat), gegen Pneumonie verwendet, Eucupin (Isoamylhydrocuprein) gegen Grippe und Vuzin (Isoaethylhydrocuprein) als Antiseptikum verwendet.

Über die Mengen an Chinarinde bzw. an Chinin, welche aus Java allein ausgeführt wurden, gibt folgende kurze Zusammenstellung Auskunft:

Ausfuhr aus Java [Detmer (172)]:

	1902	1903	1904
Chinarinden .	5976783 kg	6490771 kg	7119284 kg
Chinin .	27611 kg	31883 kg	44789 kg

Die Chinapflanzungen in Niederländisch-Indien machen etwa 90 % der Weltproduktion aus. Die Chininerzeugung Niederländisch-Indiens betrug:

1921 . . .	513608 kg	Chininsulfat
1922 . . .	534545 „	„
1923 . . .	534624 „	„
1924 . . .	621800 „	„

Der Verbrauch an Chinin betrug:

1921 . . .	358705 kg	Chininsulfat
1922 . . .	394949 „	„
1923 . . .	470000 „	„

Neben der Ernte Niederländisch-Indiens lagerten am 1. März 1924 in den Lagerhäusern Amsterdams 24971 Ballen Chinarinde, in den Plantagen Javas 21643 Ballen; in diesen Rindenmengen sind weitere 239680 kg Chininsulfat vorhanden. Die Chininerzeugung übersteigt also den Verbrauch erheblich. (Nach »Chininum«, 164a.)

Als besonders wichtige Chininbäume gelten *Cinchona succirubra* Pav., *C. calisaya* Wedd., *C. Ledgeriana* How. *C. micrantha* Rz. et Pav., *C. lancifolia* Mex., *C. officinalis* Hook. Über weitere Chininpflanzen vgl. man Wiesner, Rohstoffe, 3. Aufl., wo eine ausführliche Bestimmungstabelle der Chinarindenbäume gegeben ist.

Cinchona succirubra Pav. ist neben *C. Ledgeriana* der Hauptkulturbaum. Er liefert Cortex Chinae succirubrae, Rote Chinarinde, Cortex Chinae ruber, Cortex Chinae off. mit 7—10% und mehr Gesamtalkaloidgehalt. Für die Rinde der auf Jamaica kultivierten Bäume gibt Paul (173) folgenden Gehalt an:

	Gesamtalkaloid %	Chinin %	Cinchonin %	Chinchonidin %	Chinidin %	Amorphe Basen %
Stamm	7,7	2,04	2,45	2,58	0,13	0,5
Wurzel	8,79	1,76	4,40	1,39	0,34	0,9
Zweige	1,77	0,78	0,23	0,47	—	0,29

C. calisaya Wedd. (C. *Weddeliana* Ktze.) liefert gelbe oder echte Königschina, China regia, *Cortex Chinae regiae Calisayae*, Cascarilla de Calisaya mit schwankendem, oft hohem Alkaloidgehalt.

C. Ledgeriana Moens (*C. Calisaya* Wedd., *var. Ledgeriana* How.), vielfach auf Unterlage von *C. succirubra* kultiviert liefert Cortex Chinae fuscus, z. T. Loxarinden mit 1,09—12,5 %, meist über 5 % Alkaloiden.

C. lancifolia Mutis (*C. angustifolia* Pav.) liefert Columbische und Carthagenarinden, Bogotarinde, Cortex Chinae flavus fibrosus.

C. officinalis Hook. (nicht L.) liefert Loxarinden, Loxa China, Cortex Chinae fuscus mit gewöhnlich 2,5—5 % Chinin,

1—1,8 % Cinchonidin, 0,1—0,3 % Chinidin, 0,2—1,5 % Cinchonin und 0,2—0,6 % amorphe Alkaloide.

C. lanceolata R. et Pav. und *C. micrantha* R. et P. liefern graue und braune Lima-China oder Huanuco-China. Nach Paul enthält die Stammrinde 1,13 % Chinin, 3,24 % Cinchonin, 0,67 % Cinchonidin, 0,3 % Chinidin und 0,68 % amorphe Basen.

C. cordifolia Wedd. genannt Cuscochina und Aricachina mit 0,7 % Chinin, 0,245 % Cinchonin.

Weitere Chininpflanzen sind: *C. condaminea* H. et Bonpl. (*C. officinalis* R. et Sch.) liefert Pitayorinde, China Pitayo: *C. carabayensis* W. (*C. Pahudiana* Ktze.), *C. Hasskarliana* Miq., *C. tucuyensis* Karst. (Maracaiborinde), *C. cordifolia* Mut. (China flava dura), *C. scrobiculata var. Delondriana* Wedd. (China de Cusco rubraplana), *C. caloptera* Miq., *C. Pelleteriana* Wedd. mit Cusconidin, Cuscamin, Cuscamidin, kein Cusconin. *C. rosulenta* How. mit 0,2—0,3 % Dicinchonin, *C. amygdaliafolia* Wedd. mit viel Chinidin, und andere Arten.

Remijia pedunculata Trian. = *Ladenbergia ped.* Schum. (*Cinchona ped.* Karst.) liefert Cuprearinde, Chinacuprea mit Cuprein und Chinin in molarer Bindung als Homochinin, Chinamin, Conchinamin, Cinchonin, amorphes Diconchinin mit etwa 2—5 % Alkaloiden und 0,8—1,5 % Chinin und viel Cuprein.

R. Purdieana Wedd. enthält außer Chinin, Cinchonin und Cinchotin als charakteristische Alkaloide Cinchonamin, Cheiramin, Concheiramin, Concheiramidin, Concusconin.

Hymenodictyon excelsum Wall. (*Cinchona ex.* Roxb.). Rinde, ein Chinasurrogat, mit der zweisäurigen, bitertiären Base Hymenodictin $C_{23}H_{40}N_2$, wasserlöslich, fieberwidrig (?), Naylor (174).

Mitragyne speciosa Korth. Rinde (Ecore de Xosse) Fiebermittel mit dem amorphen Mitragyrin $C_{22}H_{31}NO_5$, Field (175).

In den Blättern von *M. diversifolia* ist vielleicht ein zweites Alkaloid, das unsichere Mitraversin $C_{22}H_{26}N_2O_4$. [Field (175)].

· *Arariba rubra.* In der Rinde die bitertiäre, zweisäurige Base Aribin $C_{23}H_{20}N_4 8\ H_2O$. Rieth und Wöhler, Liebigs Ann. der Chem. 120, 247. Aribin, kaum wasserlöslich, ist nach Spaeth (176) identisch mit einem Abkömmling des Harmalins, dem Harman und mit Loturin, dem Alkaloid von *Symplocos racemosa* Roxb. Loturinde.

Coffea arabica L. Blätter mit 1,15—1,25 % Coffein (Caffein = Thein, Guaranin, Kaffeebohne (roh) mit 0,8—1,7 % an Chlorogensäure gebunden.

C. liberica Bull. Liberiakaffee mit 1,29 bis 1,68 % Coffein, auch Trigonellin, das vielleicht mit dem Alkaloid Coffearin identisch ist. Junge Blätter 0,52 %, alte 0 %, Frucht unreif 0,44 %, reif 0,76 %.

Über Coffein und seine Wirkungen siehe auch Theaceae (Nr. 35).

Ipecacuanha officinalis Arr. = *Psychotria ipecacuanha* Müll., *Uragoga ipec.* Baill., *Cephaelis ipec.* Willd. Brechwurzel, Ipecacuanhawurzel, Radix Ipecacuanhae, Ruhrwurzel, liefert

Emetin $C_{29}H_{40}N_2O_4$ als Hauptalkaloid bis 2 %, ferner

Cephaelin $C_{28}H_{38}N_2O_4$ 0,52 %,

Psychotrin $C_{28}H_{36}N_2O_4$ 0,04 %, das bei der Aufnahme von zwei Wasserstoffatomen in Cephaelin übergeht.

Emetin des Handels war meist ein Gemisch der Ipecacuanhaalkaloide, die in ihrer Wirkung meist wenig voneinander differieren. Emetin ist amorph, optisch inaktiv, wenig wasserlöslich und alkalisch reagierend, es spielt bei der Bekämpfung der Amöbenruhr eine bedeutende Rolle und wirkt lähmend, insbesondere auf die glatte Muskulatur.

Ähnliche Alkaloide wie die Brechwurzel enthalten noch:

Psychotria emetica Mut. (*Ipecacuanha glyciphloea, Carthagena ipecacuanha* nach Merck (177), *P. tomentosa* Hemsl, *Cephaelis acuminata* Karst. liefert Carthagena Ipecacuanha und *Richardsonia pilosa* H. B. K. (*P. scabra* St. Hil.).

Corynanthe johimbe Schum. Der Johimbé- oder Jumbehoabaum liefert *Cortex Johimbéhé* mit Yohimbin $C_{22}H_{30}N_2O_4$ oder $C_{22}H_{28}N_2O_3 \cdot H_2O$ Spiegel (178), ferner Yohimbenin $C_{35}H_{45}N_3O_6$, Mesoyohimbin $C_{21}H_{26}N_2O_3$ und nach Siedler (179) noch einige Nebenalkaloide. Yohimbin $C_{21}H_{24}N_2O \cdot OH \cdot OCH_3$ ist eine einsäurige tertiäre Base mit einer Hydroxyl- und

einer Methoxylgruppe, wird pharmazeutisch als Erregungsmittel besonders der Genitalsphäre verwendet. Yohimbenin wirkt viel schwächer.

Von Fourneau und Page (180) wurde die Yohimbinformel zu $C_{21}H_{26}N_2O_3$ angegeben und dieses mit Quebrachin (siehe dieses unter Nr. 43) identifiziert. Yohimbin liefert bei Alkalieinwirkung Yomhimboasäure $C_{20}H_{26}N_2O_4$.

C. macroceras Schum. liefert falsche Jomhimberinde mit wenig Yohimbin, aber mit vielen physiologisch unwirksamen Nebenalkaloiden; Herzog (181). Über Yohimbin siehe insbesondere Merck (29).

Pseudocinchona africana Chev. Rinde als Fiebermittel mit Corynanthin $C_{21}H_{26}N_2O_3$, dem Quebrachin nahe verwandt oder isomer. [Perrot (182), Fourneau (183)].

50. Caprifoliaceae. *Diervilla* (*Weigelia florida*). Nach Dawson (184) kommt Narcein (siehe Opiumalkaloide) in *Diervilla* in beträchtlicher Menge vor.

51. Campanulaceae. *Lobelia inflata* L. Lobelia enthält im Kraut das kristallisierende Lobeliin $C_{23}H_{29}NO_2$, neutral reagierend, ferner Lobelidin $C_{20}H_{25}NO_2$ [Merck (185)] und offenbar auch nicht kristallisierende Alkaloide. Lobeliin erinnert in seinen Wirkungen an Nicotin und ist erheblich giftig.

52. Compositae. *Senecio vulgaris* L. Senecionin $C_{18}H_{25}NO_6$. Senecionin enthalten noch *S. paludosus* L., *S. erucifolius* L., *S. viscosus, S. silvaticus* und *S. Jacobaea* L., Jakobskraut.

S. latifolius D. C. (*S. barbellatus* D. C.), Senecifolin $C_{18}H_{27}NO_8$ und Senecifolidin $C_{18}H_{25}NO_7$.

Die Senecioalkaloide, namentlich die von *S. latifolius* D. C., der in Südafrika heimisch ist und giftig wirkt, erzeugen bei Schafen Leberschädigungen und bei Applizierung nach Erbrechen und Krämpfen scheinbares Wohlsein, worauf nach einer Magendarmerkrankung unter allgemeiner Schwäche der Tod erfolgt.

Über Senecionin und Senecin siehe Lutz (186), Grandval und Lajoux.

Echinops ritro L. Früchte mit 0,5 % strychnin- und brucinähnlichem Alkaloid Echinopsin $C_{11}H_9NO$. Auch in anderen Echinopsarten; Greshoff (188).

Artemisia abrotanum L. Eberraute, Kraut mit Abrotin; Giacosa (189).

Achillea millefolium L. Schafgarbe mit Achillein $C_{20}H_{38}N_2O_{15}$, auch in *Ach. moschata*; in letzterer auch Moschatin $C_{21}H_{27}NO_7$; v. Planta (190). Achillein wird auch in die Gruppe der Bitterstoffe einbezogen (191).

C. Literatur.

I. Wichtigste Alkaloidliteratur.

a) Siedler, Alkaloide in Ullmann, Enzyklopädie der Technischen Chemie **1** (1915).
b) Winterstein und Trier, Die Alkaloide (1910).
c) Gadamer, R., Ber. Pharm. Ges. (1914).
d) Tunmann, O., Pflanzenmikrochemie (1913).

Außerdem folgende Werke:

Wolffenstein, Pflanzenalkaloide, 3. Aufl., (1922), Berlin.
Czapek, F., Biochemie der Pflanzen, 2. Aufl. (1914—1918).
Goris, A., Localisation et Rôle des Alcaloides et des Glucosides chez les Végétaux. 2. Aufl. Paris (1914).
Merck, E., Wissenschaftliche Abhandlungen Nr. 22, Nichtoffizinelle Alkaloide.
Molisch, Mikrochemie, 2. Aufl. (1923).
Schmidt, E., Pharmazeutische Chemie (1923).
Trier, G., Chemie der Pflanzenstoffe. Berlin (1924).
Tschirsch-Österle, Anatomischer Atlas (1900).

II. Besondere Hinweise.

1. Perkin jun. u. Robinson, Journ. Chem. Soc. **119** (1921), 1602.
2. Peters, Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (1922).
3. Barger u. Mitarbeiter, Journ. Chem. Soc. **97**, 113.
4. Kossel, Zs. f. physiol. Chemie **66** (1910), 257.
5. Morino-Jucco u. Vignola, Gaz. chim. ital. **25** (1895), 262.
6. Bodeker, Lieb. Ann. d. Ch. **208**, 363.
7. Arata u. Canzoneri, Gaz. chim. ital. **22** (1892), 149.

8. Winterstein u. Jatrides, Zs. phys. Chem. **117**, 240.
9. Tschirch, Indische Nutz- und Heilpflanzen.
10. Pätz, Z. f. exp. Pathol. u. Therapie, **7**, 577.
11. Wright u. Luff, Journ. chem. Soc. **33**, 338.
12. Schmidt, Arch. Pharm. **224**, 513.
13. Bredemann, Apothekerzeitung **21** (1906), 41, 53.
14. Tutin, Journ. Chem. Soc. **99**, 314.
15. Lewin, Arch. exp. Path. u. Pharm. **68**, 333; **69**, 314.
16. Asahina u. Sugii, Arch. Pharm. **251** (1913), 357.
16a. Gorter, Bull. Jardin Botan. (3) **1**, 352; **2** (1920) 1, 331.
17. Boorsma, Meded. 's Lands. Plantent. **1874**.
18. Schulze u. Frankfurt, Ber. Chem. Ges. **27** (1894), 769.
19. Ladenburg, Ber. Chem. Ges. **19** (1886), 783.
20. Pohl, Ber. Chem. Ges. **25** (2), 638.
21. Hesse, ebenda **29** (2), 38; Arch. Pharm. **233** (1875), 684.
22. Barbieri, Chem. Ztrbl. (1912), III, 1479.
23. Fubini u. Antonini, ebenda I, 592; Arch. d. Farmacol. sperim.
24. Hartwig u. Zwicky, Apoth. Ztg. **29** (1914), 925.
25. Grüning, Arch. Pharm. **20** (1882), 589; Ber. Chem. Ges. **16** (1883), 969.
26. Boorsma, Plantenstoffen III.
27. Albanese, Biochem. Ztrbl. (1894), II.
28. Geoffroye, Arch. d. Pharm. **240**, 146.
29. vgl. Merck's wiss. Abh. Nr. 22, Nichtoffizinelle Alkaloide.
30. Scholtz, Arch. d. Pharm. **236** (1898), 530; **237** (1899), 199; **244** (1906), 555; **250** (1912), 684; **251** (1913), 136.
31. Faltis u. Neumann, Monatsh. f. Chem. **42** (1921), 311.
32. Eccles, Proc. Am. Pharm. Ass. **84**, 382; Chem. Ztrbl. (1888), 1281.
33. Greshoff, Ber. Chem. Ges. **23**, 3546.
34. Pyman, Chem. Ztrbl. (1914) II, 720.
35. Aston, Journ. Chem. Soc. **97** (1910), 1381.
36. Zeyer, Vierteljahrsschr. f. Pharm. **10** (1861), 504.
37. Greshoff, Ber. Chem. Ges. **23** (1890). 3537.
38. A. Müller, Arch. Pharm. (1914), 280.
39. A. Malin, Ber. Pharm. Ges. (1907), 60.
40. Heiduschka u. Paul, Arch. Pharm. 1917 u. Chem. Ztrbl. (1919) III, 887.
41. Gadamer u. Klee, Z. f. angw. Chem. **26**, 625.
42. Schlotterbeck u. Walkins, Ber. Chem. Ges. **34** (1902), 7.
43. Bauer u. Hedinger, Arch. Pharm. **258** (1920), 167.
44. Homerberg u. Beringer, Am. Journ. Pharm. **85**, 394.
45. Kozniewski, Chem. Ztrbl. (1910) II, 1932.
46. R. Fischer, Arch. Pharm. **239**, 426.
47. Fischer u. Tweeden, Chem. Ztrbl. (1903) I, 345.
48. Brindejonc, Bull. Soc. Chim. Paris (10) **9** (1911), 97.
49. Schulze u. Trier, Z. f. physiol. Chem. **81** (1910), 53.
50. Yoshimura, ebenda 88 (1913), 334.
51. F. Müller, Pflügers Arch. **134**, 289.
52. Schneider, Ber. Chem. Ges. **41**, 4466; **42**, 3416; Lieb. Ann. **375** (1910), 207.
53. Haars, Arch. d. Pharm. **243**, 154.
54. Makoski, ebenda **246**, 381, 401.
55. Heyl, Apoth. Ztg. **25**, 36.
56. Ziegenbein, Arch. Pharm. **234**, 492.
57. Heyl, Arch. Pharm. **241**, 313.
58. Greshoff, Ber. Chem. Ges. **23** (1890), 3541.
59. Plugge, Apoth. Ztg. (1884), 11.
60. Jacobsohn, Diss. Dorpat (1892).
61. Plugge, Arch. d. Pharm. **233** (1895), 430.
62. Rauwerda, Nederl. Tijdschr. Pharm. G. (1897), 353.
63. Plugge u. Rauwerda, Arch. Pharm. **234** (1896), 691.
64. Dale u. Leidlow, Journ. Pharm. and exp. Therap. **6**, 147.
65. Schmidt, Litterscheid u. Klostermann, Arch. Pharm. **238**.
66. Goesmann, ebenda, **244** (1906), 20.
67. Täuber, Landw. Versuchsst. **29** (1883), 449.
68. Hiller, ebenda, **31** (1885), 336.
69. Gerhard, Arch. Pharm. **235** (1897), 363.
70. Boas u. Merkenschlager, Die Lupine, Berlin (1923).
71. Wilstätter u. Fourneau, Ber. Chem. Ges. **35** (1902).
72. Willstätter u. Marx, ebenda, **37** (1904), 2351.
73. Greshoff, Ber. Pharm. Ges. **9** (1899), 214; Mededeel. 's Lands. Plantent. **7** (1890), 29; **25** (1898), 54.
74. v. Romburgh, Chem. Ztrbl. (1911) I, 1548.
75. v. Romburgh u. Barger, J. Chem. Soc. **99** (1909), 2068.
76. Heß u. Merck, Ber. Chem. Ges. **52**, 1976.
77. Fragner, Ber. Chem. Ges. **21**, 3284.
78. Plugge, Arch. Pharm. **233**, 441.
79. Eykman, Ann. Bot. Buitenz. **7** (1888), 221.
80. O. Fischer, Festschrift Univ. Erlangen (1901).
81. Mauson, Journ. Chem. Soc. **95** (1909), 964.
82. Boorsma, Meded. 's Lands. Pantent. **31** (1899), 105, 131.
83. Chevallier u. Pelletan, Journ. de chim. méd. **2** (1826), 314.
84. Lewin, Toxikologie.
85. Boorsma, Plantenstoffen III. Meded. 's Lands. Plantent. 31 (1899); Bull. Inst. Bot. Buitenzorg **6** (1900), 14.
86. Gärtner, Diss. Erlangen (1895).
87. Plugge, Apoth. Ztg. (1896).
88. Weigt, Diss. Erlangen (1895).
89. Loher, Bull. Inst. Bot. Buitenzorg **6** (1900), 14.
90. Holmes, Pharm. Journ. **55** (1895), 520; Arch. Pharm. **216** (1880), 14.
91. Petit u. Polonowski, Chem. Ztrbl. (1897), 1126.

92. Tunmann, Apoth. Ztg. **24** (1909), 732.
93. Tröger u. Kroseberg, Arch. d. Pharm. **250** (1912), 494.
94. Tröger u. Boenicke, ebenda, **258** (1920), 250.
95. Asahina u. Fujita, Chem. Ztrbl. (1922) I, 357.
96. Wehmer, Pflanzenstoffe (1911), 393.
97. Honda, Arch. exp. Path. u. Pharm. **52** (1905), 83.
98. Jahns, Ber. Chem. Ges. **29**, 2065.
99. Power u. Callan, Journ. Chem. Soc. **99** (1911), 1993.
100. Matthes u. Schreiber, Ber. Pharm. Ges. **24** (1914), 385.
101. Möller, Pharm. Ztrbl. **16** (1884).
102. Thomson, Amer. Journ. of Pharm. (1884), 330.
103. Dymock, Arch. Pharm. **226** (1888), 36.
104. Tuson, Jahresb. Fortschr. d. Chem. (1864), 457; (1870), 877.
105. Schulze, Ber. Chem. Ges. **30** (1897), 2197.
106. Plugge, Arch. exp. Path. u. Pharm. **32** (1893), 266.
107. Scholtz, Arch. Pharm. **236** (1898), 530; Ber. Chem. Ges. **29** (1896), 2054.
108. Hesse, Ann. Chem. **211** (1882), 275.
109. Nestler, Ber. Deutsch. Bot. Ges. **19** (1901), 351.
110. Preyer, C. R. **60** (1865), 1346.
111. Schulze, Z. f. physiol. Chem. **9**, 420; **10**, 80, 326; Journ. prakt. Chem. (2) **32**, 433.
112. Ullik, Chem. Ztrbl. (1887), 229.
113. Lippmann, Ber. Chem. Ges. **29**, 2645.
114. O. Loew, Chemische Energie lebender Zellen. Stuttgart. 2. Aufl. (1906).
115. Wester, Ber. Pharm. Ges. **24** (1914), 128.
116. Späth u. Röder, Monatsh. f. Chem. **43** (1924), 93.
117. Heß u. Mitarbeiter, Ber. Chem. Ges. **60**, **52**, **53**.
118. Gerard, Pharm. Journ. Trans. **14** (1884), 717.
119. Ladenburg, Ber. Chem. Ges. **14**, **17**, **18**, **19**, **22**, **26**—**28**.
120. Hesse, Ber. Chem. Ges. II (1878), 1542.
121. Flückiger, Arch. Pharm. **230** (1892), 348.
122. Boehm, Arch. Pharm. **235**, 660; Pflügers Archiv **136**, 203; Abh. sächs. Ak. Wiss. **22** (1895), **24** (1897).
123. Boorsma, Chem. Ztrbl. (1902) II, 1930.
124. Tillie, Arch. exp. Path. Pharm. **27**, 1.
125. Planchon, Plantes qui fournissent le Curare, Paris (1881).
126. Merck, Wissensch. Abh. Nr. 13 u. 22.
127. Lewin, Virchows Arch. **136** (1894), 118.
128. Pabisch, Z. österr. Apoth. Ver. **47** (1909), 509.
129. Hartwich, Schweiz. Woch. Chem. Pharm. **37** (1898).
130. Wehmer, Pflanzenstoffe, 611.
131. Sayre, Pharm. Journ. **69** (1879), 234.
132. Hesse, Lieb. Ann. **203** (1880), 144.
133. Merck, Nichtoffizinelle Alkaloide, Wiss. Abh. Nr. 22.
134. Peckolt, Z. österr. Apoth. Ver. (1896), 889, 913.
135. Thoms, Ber. Chem. Ges. **31** (1898), 271, 404.
136. Therap. Monatsh. (1915), 271.
137. Burn, Journ. Pharm. and exp. Therap. **6** (1915), 305; s. a. Therap. Monatsh. (1915), 271.
138. Giemse u. Halberkamm, Arch. Pharm. **256** (1918), 201.
139. Dybowski u. Landrin, C. R. **133**, 748, s. a. daselbst S. 850 u. 1236.
140. Häntzschel, Beitr. z. Pharmak. d. Morrenia brach., Erlangen 1895.
141. Stuckert, Pharm. Post **30** (1897).
142. Greimer, Arch. exp. Pathol. u. Pharm. **41** (1898), 287; Arch. Pharm. **238** (1900), 505.
143. Schulze u. Barbieri, Ber. Chem. Ges. **14**, 1602, 1834.
144. Richardson u. Crampton, Ber. Chem. Ges. **19**, 1130.
145. Power u. Salway, Chem. Ztrbl. (1913), **2**, 1232.
146. De Plato, Chem. Ztrbl. (1910) I, 1622.
147. Scurti u. Perciabosco, ebenda (1907), I, 282.
148. Schulze u. Planta, Ber. Chem. Ges. **23** (1890), 1690; **26** (1893), 939.
149. Jahns, Ber. Chem. Ges. **29**, 2065.
150. Schulze u. Trier, Z. physiol. Chem. **76**, 258; **81**, 53.
151. Yoshimura, ebenda 88 (1913), 334.
152. Küng u. Trier, Z. physiol. Chem. **85**, 207.
153. Küng, Z. physiol. Chem. **85**, 209, 217.
154. Heiduschka u. Sieger, Arch. Pharm. **255**, 18.
155. Feldhaus, Arch. Pharm. **243** (1905), 328.
156. Barth, Bot. Ztrbl. **75** (1898), 225.
157. Chevalier, C. R. **150** (1910), 344.
158. de Wèvre, Journ. Pharm. Chim. **17** (1888), 262.
159. Siim-Jensen, Diss. Marburg 1900.
160. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. **19** (1909), 292.
161. Hesse, Ann. Chem. **303** (1898), 149.
162. Micko, Z. Unters. Nahr. u. Genußm. (1898), (1899).
163. Boorsma, Mededeel. 's Lands. Plantent (1897), (1899).
164. Wehmer, Pflanzenstoffe.
164a. „Chininum". Scriptiones collectae, Büro zur Förderung des Chiningebrauchs. Amsterdam 1924.
165. Horters, Die Naturwiss. **2** (1914), 554.
166. Bing, Das Chinin, Berlin 1875.
167. Boas u. Merkenschlager, Biochem. Z. (1925).
168. Rona u. Haas, Biochem. Z. **141** (1923).
169. Smorodinjew u. Adowa, ebenda **135** (1923).
170. Biberfeld, Arch. exp. Path. u. Pharm. **79** (1916), 361.
171. Morgenroth, Ber. Pharm. Ges. **29** (1919), 233.
172. Detmer, Botan. u. Landw. Studien auf Java.
173. Paul, Pharm. Journ. (3) **13** (1883), 897.
174. Naylor, Pharm. Journ. **14** (1883), 311; (1884) 195; Journ. prakt. Chem. (1884), 1397.
175. Field, Journ. Chem. Soc. **119** (1921), 887.
176. Spaeth, Monatsh. Chem. **41** (1920), 401.

177. Merck, Index 1902.
178. Spiegel, Chem. Ztg. 20, 21, 23 u. Ber. Chem. Ges. **36**, 169.
179. Siedler, Pharm. Ztg. **47** (1902), 797.
180. Fourneau u. Page, Bull. Scienc. Pharmac. **21** (1914), 7.
181. Herzog, Ber. Pharm. Ges. **15** (1905), 4.
182. Perrot, C. R. **148** (1909), 1465.
183. Fourneau, C. R. **148**, **150**; Bull. Scienc. Pharm. **17** (1910), 190.
184. Dawson, Chem. News, **106** (1912), 18.
185. Merck, Jahresb. (1917), 104.
186. Lutz, Pharm. Journ. (1835), 535.
187. Grandval u. Lajoux, C. R. **120**, 1120.
188. Greshoff, Rec. trav. chim. Pays-Bas, **19** (1901), 360.
189. Giacosa, Jahresb. d. Chem. (1883), 1356.
190. v. Planta, Lieb. Ann. **155** (1870), 153.
191. Mercks wissensch. Abh. Nr. **26**. Bitterstoffe. Achillein.

F. Boas.

Ätherische Öle und Kampfer.

(K. Bournot; Botan. Teil von E. Gilg und P. N. Schürhoff.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	60
I. Allgemeines, Begriffsbestimmung, Geschichte	60
II. Chemie	61
III. Physik	62
IV. Gewinnung	63
V. Behandlung und Aufbewahrung	64
VI. Verfälschung	64
VII. Ersatzstoffe	64
VIII. Verwendungsarten	65
IX. Statistik	65
B. Besonderer Teil	66
I. Botanische Erläuterungen: Die Drüsenorgane der Pflanzen	66
II. Systematische Gliederung nach Pflanzenfamilien u. Stammpflanzen	73
III. Beschreibung der einzelnen Öle	73
1. Ajowanöl	73
2. Angelikaöl	74
3. Anisöl	75
4. Bayöl	75
5. Bergamottöl	76
6. Birkenrindenöl	76
7. Bittermandelöl	77
8. Eukalyptusöl	78
9. Fichtennadelöle	79
a) Edeltannennadelöl	79
b) Edeltannenzapfenöl	79
c) Latschenkieferöl	79
d) Kiefernadelöl	80
e) Fichtennadelöl, sibir.	80
10. Geraniumöl	80
11. Irisöl	80
12. Jasminöl	81
13. Kajeputöl	81
14. Kalmusöl	82
15. Kampferöl	82
16. Kardamomenöl	83
17. Kassiaöl	84
18. Kassieblütenöl	84
19. Korianderöl	85
20. Krauseminzöl	85
21. Kümmelöl	85
22. Lavendelöl	86
23. Lemongrasöl, ostind.	87
24. Lemongrasöl, westind.	88
25. Limettöl	88
26. Linaloeöl, mexik.	88
27. Linaloeöl, Cayenne	89
28. Majoranöl	89
29. Nelkenöl	89
30. Orangenblütenöl	90
31. Palmarosaöl	91
32. Patschuliöl	91
33. Pfefferminzöl	92
34. Pomeranzenschalenöl	93
35. Rosenöl	94
36. Salbeiöl	95
37. Sandelholzöl	95
38. Sassafrasöl	96
39. Senföl	96
40. Sternanisöl	97
41. Terpentinöl	97
a) eigentliches Terpentinöl	97
b) Holzterpentinöl	98
c) Kienöle	99
42. Thymianöl	99
43. Wacholderbeeröl	99
44. Wermutöl	100
45. Wintergrünöl	100
46. Wurmsamenöl	100
47. Ylang-Ylang-Öl	101
48. Zimtöl	101
49. Zitronellöl	102
50. Zitronenöl	103
IV. Kampfer	103
C. Literatur	107
I. Allgemeines	107
II. Besonderer Teil	107

A. Allgemeiner Teil.

I. Allgemeines, Begriffsbestimmung, Geschichte. In den früheren Auflagen dieses Werkes sind ätherische Öle nur nebenbei, als Bestandteile der als Rohstoffe bezeichneten unter- und oberirdischen Pflanzenteile erwähnt worden. Wenn die ätherischen Öle in Zukunft direkt zu den Rohstoffen des Pflanzenreichs gezählt werden und ein Kapitel für sich bilden, so ist diese Änderung begründet und gerechtfertigt mit der von Wiesner selbst in der Einleitung gegebenen Begriffsbestimmung der »Rohstoffe« (siehe die Einleitung), und auch mit der Definition der ätherischen Öle und ihrer mannigfachen Verwendung in der Technik.

Nach Semmler[a]) bezeichnen wir als ätherische Öle die Summe der chemischen Verbindungen, die bei der Wasserdampfdestillation einer Pflanze oder eines Pflanzenteils mit den Wasserdämpfen übergetrieben werden. Dabei wird in den meisten Fällen das in der Pflanze schon als solches enthaltene ätherische Öl wenig oder kaum verändert wiedergewonnen, und nur in einigen wenigen Fällen — z. B. beim Senföl oder Wintergrünöl — entsteht

das zu gewinnende Öl erst unter Einwirkung des Wassers oder Wasserdampfes in der Pflanzenzelle.

Von den zahlreichen bis jetzt bekannten ätherischen Ölen (gegen 1000) wird in der Technik nur ein Teil verwendet, sei es als Ausgangsmaterial zur Gewinnung wertvoller chemischer Verbindungen, z. B. von Riechstoffen, sei es bei der Herstellung von Parfümerien, Seifen, Genußmitteln und pharmazeutischen Präparaten. Im folgenden sind nur solche flüchtige Öle ausgewählt und beschrieben worden, die auch für die Großindustrie Bedeutung erlangten.

Die ätherischen Öle haben schon in uralten Zeiten eine Rolle im Leben der Menschen gespielt. Wenn man zunächst auch nicht imstande war, wie heute, diese Rohstoffe rein darzustellen, so wurden sie doch in Form von gepulverten aromatischen Pflanzenteilen, von Harzen und von wohlriechenden Salben im Altertum zu kosmetischen oder rituellen Zwecken, zu Räucherungen oder zum Einbalsamieren verwendet [p]). Die Gewinnung der ätherischen Öle selbst hängt mit der Erfindung der Destillierapparate eng zusammen, die vermutlich schon den alten Indern und Ägyptern, sicherlich aber den Arabern im 9. Jahrhundert n. Chr. bekannt waren und von ihnen vervollkommnet wurden [b]). Im Mittelalter hat man dann die ätherischen Öle vielfach in den Klöstern und Laboratorien vornehmlich deutscher Apotheken destilliert, bis im 19. Jahrhundert eine Industrie ätherischer Öle entstand und mit dem Aufblühen der Naturwissenschaften, insbesondere der Chemie, in kurzer Zeit eine hohe Stufe der Entwicklung erreichte.

Über die Zusammensetzung der ätherischen Öle herrschte bis Ende des 18. Jahrhunderts völlige Unklarheit; erst als man im 19. Jahrhundert die Konstitution der organischen Stoffe erforschen lernte, wurde man auch mit der chemischen Natur der ätherischen Öle bekannt. Insbesondere haben Wallach [c]), Tiemann und Semmler [a]) durch ihre grundlegenden Arbeiten auf diesem Gebiete Klarheit geschaffen [d]).

II. Chemie, [a]), [c]), [e]), [h]), [i]). Die in den ätherischen Ölen aufgefundenen Verbindungen — Kohlenwasserstoffe, ferner aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende und in wenigen Fällen auch Stickstoff und Schwefel enthaltende Körper — gehören der aliphatischen, aromatischen oder alizyklischen Reihe an.

Die wichtigsten Kohlenwasserstoffe, die in den flüchtigen Ölen vorkommen, sind folgende: a) aliphatische: Heptan, Oktylen, Myrcen, Ocimen; b) aromatische: Styrol und p-Cymol; c) alizyklische: Das niedere homologe Terpen Santen = Norcamphen C_9H_{14}, die Terpene ($C_{10}H_{16}$) α- und β-Pinen, Sabinen, Camphen, Fenchen, Limonen, Dipenten, Terpinolen, Sylvestren, α- und γ-Terpinen, α- und β-Phellandren, die monozyklischen Sesquiterpene ($C_{15}H_{24}$) Bisabolen und Zingiberen, die bizyklischen Sesquiterpene Cadinen, Caryophyllen, Selinen, Humulen, α- und β-Santalen, d-Longifolen, die trizyklischen Sesquiterpene Cedren, Heerabolen, ferner eine Anzahl nicht mit besonderen Namen benannte Sesquiterpene mit verschiedenen Konstanten und der den Sesquiterpenen verwandte trizyklische Kohlenwasserstoff Azulen.

Die in den ätherischen Ölen gefundenen, sauerstoffhaltigen Bestandteile — Alkohole, Aldehyde, Ketone, Säuren, Ester. Phenole, Phenoläther, Laktone, Chinone und Oxyde — sind insofern besonders wichtig, als sie meist die charakteristischen Träger des Geruchs der Öle sind.

Alkohole, die in ätherischen Ölen gefunden wurden: a) aliphatische: Methyl-, Äthyl-, n-Butyl-, Isobutyl-, Isoamyl-, n-Hexyl-, Heptyl-, n-Oktyl, n-Nonyl- und Undezylalkohol, Linalool, Geraniol, Nerol, Citronellol, die Sesquiterpenalkohole Nerolidol und Farnesol; b) aromatische: Benzyl-, Phenyläthyl-, Phenylpropyl- und Zimtalkohol; c) alizyklische (hydroaromatische): Dihydrocuminalkohol, α, β, γ-Terpineol, Terpinenol-1, Terpinenol-4, Terpinhydrat, Dihydrocarveol, Isopulegol, Menthol, Sabinol, Pinocarveol, Myrtenol, Borneol, Isoborneol, Thujylalkohol, Fenchylalkohol; d) die bizyklischen Sesquiterpenalkohole Santalol, Amyrol, Betulol, Cadinol; e) die trizyklischen Sesquiterpenalkohole Cedrol (Zedernkampfer), Cubebenkampfer, Ledumkampfer, Patschulialkohol, Atractylol, Guajol, Maticokampfer und Turmerol.

Aldehyde, die in ätherischen Ölen

gefunden wurden: a) aliphatische: Formaldehyd (nur im Apopinöl), Azetaldehyd, Butyraldehyd, Isovaleraldehyd, Capronaldehyd, n-Nonylaldehyd, n-Dezylaldehyd, Laurinaldehyd, Citral, Citronellal; b) aromatische (zyklische): Benzaldehyd, Cuminaldehyd, Zimtaldehyd, Salizylaldehyd, Anisaldehyd, p- und o-Methoxyzimtaldehyd, Vanillin, Heliotropin (nur im Öl von *Spiraea ulmaria*), das heterozyklische Furfurol; c) alizyklische (hydroaromatische): Phellandral, Dihydrocuminaldehyd (Perillaaldehyd).

Ketone, die in ätherischen Ölen gefunden wurden: a) aliphatische: Azeton, Methyl-n-amylketon, Äthyl-n-amylketon, Methyl-n-heptylketon, Methyl-n-nonylketon, das Diketon Diazetyl und das ungesättigte Methylheptenon; b) aromatische: Azetophenon (Hauptbestandteil des Öles von *Stirlingia latifolia*), o-Oxyazetophenon, Anisketon = p-Methoxyphenylazeton; c) alizyklische (hydroaromatische): Carvon, Pulegon, Dihydrocarvon, Menthon, Campher, Fenchon, α- und β-Thujon, Iron.

Säuren, die in ätherischen Ölen vorkommen als Ester oder frei: a) aliphatische: Ameisen-, Essig-, Propion-, n-Butter-, Isobutter-, Valerian-, Isovalerian-Methyläthylessig-, Capron-, Isoheptyl-, Capryl-, Caprin-, Myristin-, Palmitin-, Tiglin-, Öl-, Oxymyristin-, Bernstein-, Teresantal-, Citronellsäure; b) aromatische: Benzoe-, Phenylessig-, Zimt-, Salizyl-, Anis-, Veratrum- und p-Methoxyzimtsäure.

Vorkommende Ester (die für den Geruch oft von großer Bedeutung sind): Methylbenzoat, Methylzinnamat, Methylsalizylat, Linalylazetat, Geranylazetat, Benzylbenzoat, Terpinylazetat, Bornylazetat, Menthylazetat, Menthylisovalerianat.

In den Ölen enthaltene Phenole und Phenoläther: Thymol, Carvacrol, Chavicol, Methylchavicol (Estragol), Anethol, p-Hydrochinonäthyläther (p-Oxyphenethol), Eugenol, Azeteugenol, Methyleugenol, Isoeugenol, Safrol, Myristin, Diosphenol (Buccokampfer).

In den Ölen enthaltene Laktone: Alantolakton (Helenin).

In den Ölen enthaltene Oxyde: Cineol.

Von den in ätherischen Ölen auftretenden Stickstoff und Schwefel enthaltenden Verbindungen seien genannt: Blausäure, Indol, Anthranilsäuremethylester, Methylanthranilsäuremethylester, Isothiocyanallyl.

Ihrer Zusammensetzung entsprechend sind die ätherischen Öle empfindliche, sich leicht verändernde Produkte der Pflanzenwelt. Unter dem Einfluß von Luft, Licht und Wärme erleiden sie häufig in kurzer Zeit durch Oxydation, Polymerisation oder noch tiefergehende Vorgänge Umsetzungen mannigfacher Art.

III. Physik. Die ätherischen Öle sind in frischem Zustande dünn- oder dickflüssige, nur ausnahmsweise, wie beim Irisöl, feste Körper, deren Geruch und Geschmack dem Aroma der Stammpflanze ähnlich sind. Die Dichte der an aromatischen, sauerstoffhaltigen Bestandteilen reichen Öle ist größer als die der zum größten Teil aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Öle und meist kleiner als die des Wassers. Die meisten Öle sind fast farblos; bei längerem Aufbewahren färben sie sich jedoch gelblich bis braun. Grün gefärbte Öle, wie das Bergamottöl, verdanken ihre Farbe manchmal einer geringen Beimengung von Chlorophyll; die blaue Farbe einiger Essenzen (Kamillen-, Wermutöl) rührt von der Gegenwart des unbeständigen Kohlenwasserstoffs Azulen her. Viele ätherische Öle besitzen Rotations- und Lichtbrechungsvermögen, deren Grenzen $+97^\circ$ und -117°, bzw. 1,43 und 1,61 sind. In Äther, Benzol, Chloroform, absolutem Alkohol usw. sind die ätherischen Öle leicht, in Wasser nur wenig löslich. Die Löslichkeit der sauerstoffhaltigen Bestandteile des Öles (z. B. der Alkohole, Ketone) in Wasser ist größer als die mancher anderer im Öl enthaltener Verbindungen (z. B. der Terpene). Ein eigentlicher Siedepunkt der ätherischen Öle ist nur selten wahrnehmbar, ihrer wenig einheitlichen Zusammensetzung gemäß sieden die Öle innerhalb weiter Grenzen, und zwar gehen zuerst die Terpenkohlenwasserstoffe (155 bis 180°), zuletzt die Sesquiterpenverbindungen (250 bis 300°) über. Die aus frischem Rohmaterial gewonnenen Öle haben häufig ganz andere physikalische Konstanten, z. B. geringere Dichte, größere Löslichkeit in verdünntem Alkohol oder geringeren Destillationsrückstand als die der getrockneten Drogen, da viele Öle

beim Lagern und Trocknen der Pflanzen verharzen.

IV. Gewinnung. Die in der Technik verwendeten ätherischen Öle werden im allgemeinen durch Wasser- oder Wasserdampfdestillation des Rohmaterials gewonnen. In einigen besonderen Fällen finden die Verfahren der Enfleurage, der Mazeration, der Extraktion und des Auspressens Anwendung [e]).

1. Gewinnung durch Destillation [f]). Vor der Destillation ist das Rohmaterial je nach seiner Beschaffenheit und der anzuwendenden Destillationsart mehr oder minder fein zu zerkleinern. Dabei ist zu berücksichtigen, daß eine fein gemahlene Droge, die nur kleine Zwischenräume hat, eine langsame Destillation erfordert, während bei grober Zerkleinerung der Dampfstrom verstärkt werden kann. Blätter, die meisten Blüten und die dünnstengeligen Kräuter pflegt man unzerkleinert der Destillation zu unterwerfen. Starkstengelige Kräuter und frische Wurzeln werden zuvor zerschnitten, Rinden, trockene Wurzeln, trockene Früchte und Hölzer werden gemahlen oder zerstoßen, Samen zerquetscht. Um Ölverluste, die häufig beim Lagern der Drogen vorkommen, möglichst einzuschränken, verarbeitet man eine ganze Anzahl von Drogen (Blätter, Blüten, Kräuter) unmittelbar nach der Ernte. Eine restlose Gewinnung des ganzen in der Pflanze enthaltenen Öles ist zwar auch dann kaum möglich, da frische, wasserreiche Pflanzenteile niemals völlig ausdestilliert werden.

Die für jede Destillation erforderliche Apparatur besteht aus dem eigentlichen Destillationsapparat (der Blase), dem Kühler (Röhrenkühler oder Schlangenkühler) und der Vorlage (nach Art der Florentiner Flasche). Um auch die im Destillationswasser gelösten Öle zu gewinnen, leitet man diese Wässer in die Destillationsblase zurück, oder man destilliert sie noch einige Male in besonderen Blasen (Kohobation). Je nach der Beschaffenheit des Pflanzenmaterials wendet man zur Gewinnung der ätherischen Öle verschiedene Methoden an. Die wichtigsten dieser in der Praxis üblichen Destillationsverfahren sind folgende:

a) Die Wasserdestillation. Das Destillationsmaterial liegt in der Blase in Wasser, das durch direkte oder indirekte Heizung zum Kochen und zur Dampfentwicklung gebracht wird. Während man früher die ätherischen Öle ganz allgemein in dieser Weise gewann, wendet man heute die Wasserdestillation nur noch in vereinzelten Fällen bei ganz bestimmten Pflanzenmaterialien (bei mehlfeinen Pulvern, sehr wasserreichen und bei der Dampfdestillation wenig sperrig bleibenden Pflanzenteilen, wie bei manchen Blüten) an.

Wasserdestillationsbetriebe bestehen heute noch in Südfrankreich für die Gewinnung von Lavendel-, Thymian- und Spiklavendelöl, in Spanien für die Bereitung von Rosmarin-, Spiklavendel-, Majoran-, Salbei-, Thymian-, Polei und Myrtenöl, auf Ceram für die Kajeputölgewinnung, in Südchina zur Kassiaölgewinnung, in der Schweiz für die Tannenzapfendestillation, auf Java für die Kanangablütendestillation, in Bulgarien für die Rosenölgewinnung und in Mexiko für die Linaloeholzdestillation.

b) Die Wasser- und Dampfdestillation. Das Pflanzenmaterial liegt trocken auf dem Siebboden in der Blase. Darunter auf dem Boden der Blase wird Wasser durch indirekte Heizung zum Kochen gebracht. Diese Methode hat vor der Dampfdestillation (siehe unter c) den Vorteil, daß der Dampf feucht und ohne Spannung gleichmäßig verteilt durch alle Zwischenräume der Füllung in die Höhe steigt, auf die Pflanzenteile nicht trocknend und brennend wirkt und weniger Brenzprodukte der Pflanzensubstanz liefert. Für Pflanzenteile, die wegen der Menge und Schwerflüchtigkeit ihres ätherischen Öles eine längere Destillationszeit erfordern, ist die Methode unzweckmäßig, weil die Füllung allmählich zu naß wird und dann ihren Restbestand an ätherischem Öl nur schwierig oder gar nicht mehr abgibt. Betriebe mit Wasser- und Dampfdestillation hat man zum Beispiel in China für die Gewinnung des Sternanisöles, auf Formosa zur Kampferholzdestillation und in Japan für die Pfefferminzkrautdestillation.

c) Die Dampfdestillation. Das Pflanzenmaterial wird wie in b trocken auf einen oder mehrere in Zwischenräumen übereinander angebrachte Siebböden in der

Blase gelegt und mit Wasserdampf destilliert, den man von außen in die Blase einführt. Hierbei wird der Dampf durch ein unterhalb des Siebbodens angebrachtes, mit zahlreichen Öffnungen versehenes, ringförmig gebogenes Rohr verteilt. Der Dampf steigt dann durch den unteren Siebboden in die Höhe, nimmt überall die flüchtigen Substanzen, die er berührt, mit fort und geht durch das Übersteigrohr in den Kühler über, wo das Gemisch von Öl und Wasserdampf kondensiert wird. Das Destillationswasser wird in einer andern Blase kohobiert. Da diese Destillationsart für die meisten Pflanzenteile die vorteilhafteste ist, hat sie von allen Methoden die größte Verwendung gefunden.

Jede der genannten Destillationsmethoden kann durch Änderung des Destillationsdruckes verschieden, zum Beispiel unter Minderdruck oder mit überhitztem Wasserdampf, ausgeführt werden. Auch ist in der Technik neben der gewöhnlich angewendeten periodischen Destillation das kontinuierliche Destillationsverfahren eingeführt worden, bei dem das flüssige oder feste Destillationsgut ununterbrochen der Blasenanlage zufließt und bei andauernder Destillation nach vollständiger Abgabe der flüchtigen Stoffe den Apparat wieder verläßt.

2. **Ölgewinnung durch Enfleurage** (Enfleurage à froid). Das Rohmaterial (Blüten von Jasmin, Tuberose, Reseda, Maiglöckchen) wird auf die Oberseiten von Châssis (Glasplatten in Holzrahmen) gestreut, die mit einer dünnen Schicht eines reinen, geruchsfreien, festen Fettes überzogen und senkrecht aufeinander aufgebaut sind. Das Aroma der Blüten wird von der Fettschicht absorbiert, die man etwa 30 mal, alle 24 bis 72 Stunden, mit frischen Blüten versieht. Das mit dem ätherischen Öl gesättigte Fett kommt entweder als Blütenpomade in den Handel, oder es wird zur Gewinnung der Extraits bzw. des reinen ätherischen Öles mit starkem Alkohol extrahiert.

3. **Ölgewinnung durch Mazeration** (Enfleurage à chaud). Die öfter durch frisches Material ersetzten Blüten (Veilchen, Rosen, Pomeranzenblüten, Maiglöckchen) werden mit dem gereinigten Fett bei 50 bis 70° bis zu 48 Stunden lang extrahiert und ähnlich wie beim Enfleurageverfahren auf ätherisches Öl verarbeitet.

4. **Ölgewinnung durch Extraktion.** Als Extraktionsmittel dienen flüchtige, niedrig siedende Flüssigkeiten, wie Äther, Petroläther, Tetrachlorkohlenstoff usw., die in fest verschließbaren Apparaten einige Stunden lang mit dem Blütenmaterial zusammengebracht werden. Man gewinnt zunächst Extrakte von butterartiger Konsistenz (Essences concrètes), aus denen das ätherische Öl (Essence absolue) wie bei den Pomaden mit Alkohol isoliert wird.

5. **Ölgewinnung durch Auspressen**[e]. Dieses Verfahren verwendet man meist bei der Gewinnung von Agrumen-(Citrus-)Ölen. Die ölreichen Schalen der Früchte werden entweder mit der Hand oder in manchen Fällen auch mit der Maschine ausgepreßt, die Rohöle von Wasser und Schleim durch Abgießen und Filtrieren befreit.

V. Behandlung und Aufbewahrung.

Da die ätherischen Öle sehr empfindlich sind und sich an der Luft und im Licht vor allem durch Oxydation leicht verändern, sind sie vorsichtig zu behandeln und sorgfältig in geschlossenen, gut gefüllten, vor Luft und Licht geschützten Flaschen oder Blechbehältern aufzubewahren.

VI. Verfälschung.

Die ätherischen Öle werden häufig verfälscht. Als Verfälschungsmittel wurden unter anderm gefunden: Fette, Öle, Balsame, Terpentinöl, Petroleum, Paraffin, in den letzten Jahren öfter chemische Verbindungen, wie Phthalsäureester und Glyzerindiazetat[h]. Die allgemeinen Untersuchungsmethoden hat O. Simon zusammengestellt[j], vgl. auch [p]).

VII. Ersatzstoffe.

Ersatzstoffe für die in den Pflanzen vorkommenden ätherischen Öle sind die aus den Ölen isolierten Riechstoffe Linalool, Geraniol, Citronellol, α-, β- und γ-Terpineol, Menthol, Santalol, Citral, Citronellal, Carvon, Cineol (Eucalyptol), Anethol, Carvacrol, Eugenol und auch synthetisch gewonnene Produkte, wie Benzaldehyd, Phenylazetaldehyd, Zimtaldehyd, Vanillin, Jonon, Amylsalizylat, Nitrobenzol und künstlicher Moschus[i]).

VIII. Verwendungsarten. Da rein synthetisch, das heißt aus einfacheren, künstlichen Verbindungen, bis jetzt nur wenige Riechstoffe (z. B. Benzaldehyd, künstlicher Moschus) gewonnen werden, bilden die in der Natur vorkommenden ätherischen Öle heute noch das wichtigste und am meisten verwendete Ausgangsmaterial für die Gewinnung einfacher und künstlicher zusammengesetzter Riechstoffe [g]). Auch unverändert verwendet man die gereinigten Öle vielfach in der Genußmittelindustrie [k]), bei der Herstellung von Parfümerien [l]), kosmetischen Präparaten [m]), Seifen [n]) und Arzneimitteln [o]). Erinnert sei ferner an die besondere Verwendung einzelner Öle in der Farben- und Lackindustrie (z. B. Terpentinöl), in der Porzellanmalerei (Lavendelöl), im Hüttenbetrieb zur Erzaufbereitung (Öl von *Eucalyptus phellandra* und amerikanisches Fichtenöl).

IX. Statistik über die Ein- und Ausfuhr ätherischer Öle in einigen Produktionsländern [h]).

Deutschland

(Terpentinöle nicht inbegriffen.)

	Einfuhr	Ausfuhr
1907	1 498 600 kg	491 700 kg
1908	911 300 „	390 800 „
1909	755 800 „	512 600 „
1910	1 524 300 „	549 700 „
1911	1 251 200 „	599 300 „
1912	1 578 400 „	711 300 „
1913	1 566 000 „	1 073 900 „
1920	708 900 „	129 100 „
1922	1 138 300 „	353 200 „
1923	678 600 „	407 000 „

Österreich-Ungarn

	Einfuhr	Ausfuhr
1912	171 900 kg	67 100 kg
1913	190 300 „	84 400 „

Frankreich

	Einfuhr	Ausfuhr
1911	938 900 kg	1 655 300 kg
1912	959 500 „	1 688 400 „
1913	844 500 „	1 426 600 „
1919	1 080 800 „	746 400 „
1920	1 117 100 „	1 004 200 „
1921	415 800 „	666 200 „

Italien

Ausfuhr von Essenzen (Bergamott-, Mandarinen-, Pomeranzen- und Zitronenöl).

1911	767 371 kg	im	Betrage	von	15 679 835 Lire
1912	829 343 „	„	„	„	20 405 277 „
1913	731 712 „	„	„	„	21 686 005 „
1914	708 952 kg	im	Betrage	von	14 184 516 Lire
1915	921 867 „	„	„	„	13 873 435 „
1916	911 422 „	„	„	„	15 745 132 „
1917	732 451 „	„	„	„	17 202 686 „
1918	875 439 „	„	„	„	26 161 083 „
1919	611 237 „				
1920	569 744 „				
1921	554 183 „				
1922	684 276 „				
1923	729 200 „	„	„	„	33 447 643 „

Ätherische Öle, außer Essenzen:

	Einfuhr	Ausfuhr
1923	33 362 kg	16 741 kg

Spanien

Ausfuhr nach den Vereinigten Staaten von Nordamerika (Terpentinöl nicht inbegriffen).

1917 für 200 329 $ 1916 für 211 000 $
1922 384 760 lbs. im Betrage von 272 139 $

England

Einfuhr der wichtigsten ätherischen Öle im Jahre 1912: 1 373 397 lbs.

Einfuhr (Terpentinöl nicht inbegriffen)

1921	2 014 300 lbs.	im	Betrage	von	605 900 £
1922	3 245 300 „	„	„	„	839 800 „
1923	3 914 600 „	„	„	„	960 460 „
1924	4 236 200 „	„	„	„	1 196 520 „

Wiederausfuhr (Terpentinöl nicht inbegriffen)

1921	744 600 lbs.	im	Betrage	von	329 100 £
1922	799 800 „	„	„	„	349 000 „
1923	874 900 „	„	„	„	371 800 „
1924	1 164 766 „	„	„	„	398 164 „

Vereinigte Staaten von Nordamerika

Gesamtwert der Produktion

1859	124 317 $	
1904	1 464 662 „	
1909	1 737 234 „	
1914	1 289 482 „	(ohne Terpentinöl)
1919	4 411 775 „	(Witch-hazel extract inbegriffen)
1921	3 271 120 „	„ „

	Einfuhr	Ausfuhr
1908	2 933 222 $	610 883 $
1909	2 564 915 „	600 399 „
1910	2 446 716 „	675 030 „
1911	2 875 442 „	798 484 „
1912	4 116 641 „	850 923 „
1913	5 619 921 „	748 105 „
1918	948 000 „	1 090 943 „
1919	2 021 000 „	1 541 940 „
1922	6 200 000 „	836 550 „
1923	5 760 000 „	1 012 027 „
1924	5 528 000 „	1 674 930 „

Wert der Terpentinöl- und Kolophonium-Erzeugung im Jahre 1910: 150 Millionen Goldmark.

K. Bournot.

B. Besonderer Teil.

I. Botanische Erläuterungen.

Die Sekretionsorgane der Pflanzen.

Unter Sekretionsorganen der Pflanzen verstehen wir solche Zellen oder Zellverbände, welche Sekrete erzeugen und nach außen abscheiden oder selbst speichern. Im besonderen werden wir uns an dieser Stelle bei der Besprechung der Sekretionsorgane der Pflanzen auf diejenigen beschränken, welche duftende Stoffe abgeben. Wir teilen die Sekretionsorgane ein in exogene, die entwicklungsgeschichtlich zur Epidermis gehören, und endogene, die im Innern der Gewebe liegen und welche man daher auch als innere Drüsen bezeichnen kann. Wenden wir uns zunächst zu den äußeren Drüsen, die auch als Hautdrüsen bezeichnet werden. In ihrer einfachsten Ausbildung bestehen diese Hautdrüsen aus Drüsenflecken. Es sind dies scharf umschriebene Sekretionsorgane, bei denen die Epidermiszellen radial gestreckt sind, hervorzuheben ist hier schon, daß sich die Kutikula abhebt und das Sekret zwischen Kutikula und der aus Zellulose bestehenden Wandung der Epidermiszelle abgeschieden wird. Solche Drüsenflecken finden sich häufig auf den Zähnen der Laubblätter zahlreicher Pflanzen. Der Inhalt solcher Drüsenzellen zeichnet sich meistens durch ein dichteres Zytoplasma und auch einen größeren Kern vor demjenigen der anderen Epidermiszellen aus. Möglicherweise sind auch die Duftstoffe wohlriechender Blumen in den Epidermiszellen zwischen Membran und Kutikula lokalisiert. Jedenfalls tritt T u n m a n n dafür ein, daß dies bei den Blüten von *Convallaria majalis* der Fall sein soll.

Wesentlich spezialisiertere Organe sind die Drüsenhaare, bei welchen wir den Stiel des Haares und das Drüsenköpfchen unterscheiden. Das letztere kann entweder einzellig oder aus mehreren Zellen zusammengesetzt sein. Ihre Entstehung ist sehr einfach, im allgemeinen verlängert sich eine der Epidermiszellen und hebt sich über die Epidermis hinaus, dann folgen einige Zellteilungen. (Abb. 1.) Gewöhnlich gleicht die basale Zelle, welche als Fußstück in der Epidermis verankert ist, vollkommen den anderen Epidermiszellen. Die Stielzellen sind fast stets in die Länge gestreckt und häufig bauchig angeschwollen. Das Drüsenköpfchen, mag es aus einer oder mehreren Zellen bestehen, ist meist kugelig und mit einem sehr dichten Zytoplasma versehen, während die Stielzellen ein sehr vakuolenreiches Zytoplasma besitzen, in welchem sich häufig zahlreiche Chloroplasten befinden, so daß die Stielzellen als Assimilationsapparat ausgebildet sind.

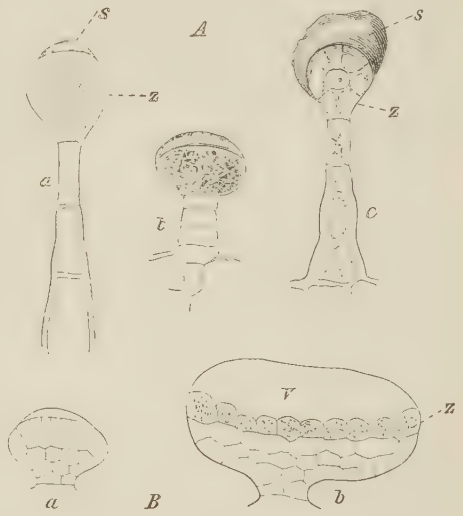


Abb. 1.

Hautdrüsen. *A* Drüsenhaare des Blattstiels von *Pelargonium zonale*; *z* Sekretzelle; *s* Sekret. Vergr. 260. *B* Drüsenschuppen des Laubblattes von *Ribes nigrum*; *a* junges Stadium, die Kutikula wird durch das Sekret bereits abgehoben; *b* ausgebildetes Stadium; *z* Sekretionszellen; *v* Drüsenraum, durch Abhebung der Kutikula entstanden. Das Sekret ist bei *a* und *b* mittels Alkohols entfernt worden. (Nach H a b e r l a n d t.)

Den Drüsenhaaren ähnlich sind die Drüsenzotten, welche sich von den ersteren dadurch unterscheiden, daß der Stiel hier nicht von einer einzigen Zellreihe, sondern von einem vielzelligen Gewebekörper gebildet wird. (Abb. 2.) Das Köpfchen dieser Drüsenzotten besteht ebenfalls aus zahlreichen Zellen. Bei den Drüsenzotten sind alle Zellen, auch die des Stieles, als Drüsenzellen ausgebildet. Die Drüsenzotten entspringen meist mit kurzem, einzelligem Fuß einer kleinen Oberhautzelle; auf die eine Zelle folgen zwei, auf diese meist vier Zellen, die langgestreckt sind, hierauf folgen noch einige Etagen gleicher Zellen. Auf den nach außen gekehrten Wänden der Zellen der Zotten sieht man oft blasenförmige Auftreibungen, die bald einen Teil,

bald die ganze Wand einer Zelle einnehmen. Auch hier wird also das Sekret zwischen Kutikula und der Zellmembran gebildet und hebt die Kutikula ab.

Endlich sind hier noch die Drüsenschuppen zu erwähnen, die sich da-

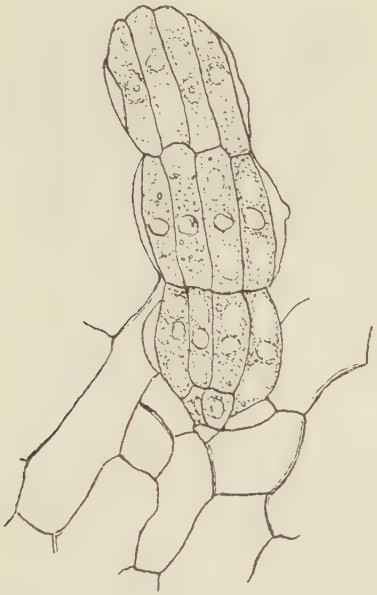


Abb. 2.
Rumex patientia. Drüsengewebe der Ockrea. (Nach Strasburger-Körnicke.)

durch kennzeichnen, daß der Stiel nur sehr kurz, dafür aber häufig breit ist, so daß diese Drüsenschuppen der Epidermis knopfartig aufzusitzen scheinen. Diese Drüsenschuppen geben oft ein gutes Fa-

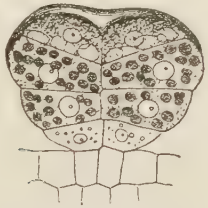


Abb. 3.
Drüsenschuppe von *Pyrethrum balsamita.* (Nach Haberlandt.)

milienmerkmal ab, so finden wir z. B. typische Labiaten- und Kompositendrüsenschuppen. Die Drüsenschuppen der Kompositen bestehen aus mehreren, meist vier Etagen, von je zwei nebeneinanderliegenden Zellen. Die obersten beiden Zellen funktionieren als Sekretzellen, die beiden mittleren Etagen enthalten reichlich Chlorophyllkörper. (Abb. 3.) Die Drüsenschuppen der Labiaten besitzen außer der Fußzelle eine Stielzelle und hierauf ein aus acht Zellen bestehendes Drüsenköpfchen. (Abb. 4.) Durch das aus-

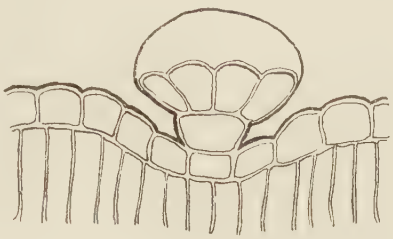


Abb. 4.
Mentha piperita L.
Teil eines Blattquerschnittes mit einer Labiatendrüsenschuppe. Vergr. 250. (Orig.)

geschiedene ätherische Öl wird die gemeinsame Kutikula dieser rosettenförmig angeordneten Drüsenzellen halbkugelförmig emporgehoben. Ganz ähnliche Drüsenschuppen, die aber ein Drüsenköpfchen aus 16 Zellen besitzen, finden sich bei *Cannabis,* Drüsenschuppen mit noch mehr Sekretzellen besitzt *Kamala.*

Über den Vorgang der Sekretbildung in den Drüsenzellen herrschen verschiedene Ansichten. Tschirch glaubt, daß die Zellulosemembran als »resinogene Schicht« funktioniere und in ihr die Umbildung der aus den sezernierenden Zellen zugeführten resinogenen Substanzen in das Sekret erfolge. Im Zellumen bemerkt man tatsächlich vor Beginn der Sekretion und auch noch während derselben zahlreiche Tröpfchen und Ballen von sehr verschiedener Größe, die nach den Untersuchungen Tunmanns aus Fett und Gerbstoff bestehen. Jedenfalls steht fest, daß das lebende Zytoplasma des Drüsenköpfchens an der Sekretbildung in erster Linie beteiligt ist.

Wenden wir uns nunmehr zu den inneren Drüsen, so haben wir hier zu unterscheiden zwischen Sekretzellen, die entweder einzeln in das Gewebe eingestreut sind, oder ganze Schichten bilden, und anderseits Sekretbehältern. Einzelne Ölzellen, die stets verkorkt sind, finden wir vor allem bei den *Zingiberaceen,* den *Piperaceen* und bei *Acorus calamus.* Ein typisches Beispiel für das schichtenweise Vorkommen von Ölzellen ist die Baldrianwurzel, bei welcher die dünnwandige, großzellige, einschich-

tige Hypodermis, welche verkorkte Zellwände besitzt, allein das ätherische Öl der Droge enthält. Eine Ölzellenschicht finden wir ferner beim Cardamomensamen. Einzelne Ölzellen finden wir ferner in der Zimtrinde und manchen anderen Rinden. Bei der Zimtrinde bestehen zweifellos nahe Beziehungen zwischen den Schleim- und Ölzellen, die beide aus den gleichen Zelltypen hervorgehen. Bei den Schleimzellen wird nach Tschirch die Schleimmembran nicht resinogen, während sich bei den Ölzellen eine resinogene Schicht bildet.

Die Ölzellen im Aerenchym des Kalmusrhizoms liegen dort, wo mehrere, meist drei, seltener vier der einschichtigen Zellplatten aneinanderstoßen. (Abb. 5.) Die

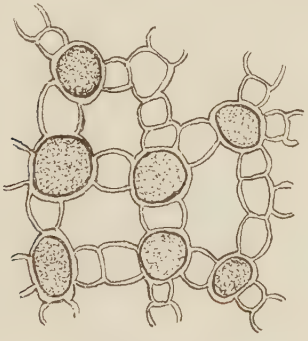


Abb. 5.
Acorus calamus L.
Querschnitt durch das Rhizom. Vergr. 125. (Orig.)

Wand dieser Ölzellen ist verkorkt. Dort, wo die Ölzellen an Interzellularen grenzen, bilden sie nach Tschirch und Biermann Kappen, und in diesen beginnt sich das Öl zu bilden, das erst später zu einem zentralen Tropfen zusammenfließt.

Bei *Cinnamomum camphora* enthalten die Blätter sowohl im Pallisadengewebe als im Schwammparenchym runde, verkorkte Ölzellen, besonders viele finden sich im Blattstiel und bei in den Tropen gewachsenen Pflanzen. Im Stengel enthält die Rinde und das Mark nach den Feststellungen von Tschirch und Shirasowa reichlich Ölzellen, das Holz erst im zweiten Jahre. Auch in der Wurzel finden sich viele Ölzellen. Da sich auch bei *Cinnamomum camphora* wie bei *C. cassia* Schleimzellen finden, so dürften die Beziehungen dieser zu den Ölzellen die gleichen sein wie beim Zimt. Die junge Rinde des Kampferbaums enthält nur Schleimzellen, ebenso wie die Epidermis des Blattes. Die Ölzellen entstehen sehr frühzeitig, schon unter dem Vegetationspunkt. Zunächst entsteht in der Zelle

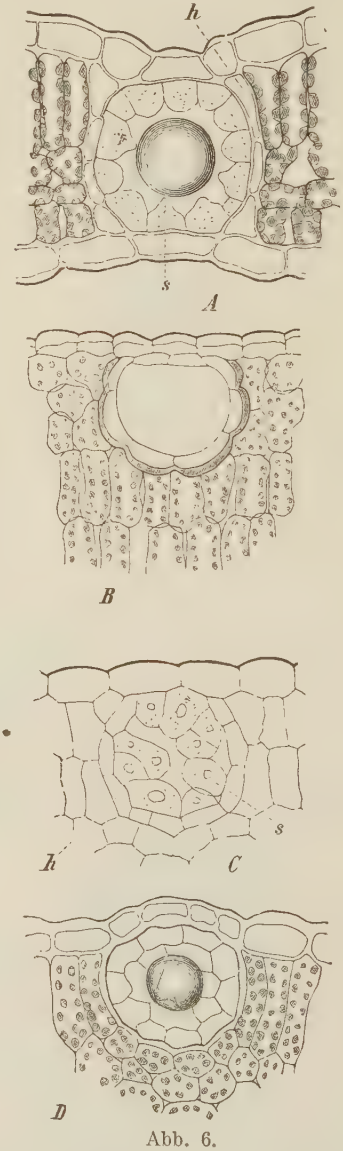


Abb. 6.
Innere Drüsen. *A* aus dem Laubblatte von *Hypericum perforatum:* die Schutzhülle der Drüse besteht aus dünnwandigen, plattgedrückten Zellen (*h*), die Sekretzellen (*s*) sind häufig papillös. *B* Drüse aus dem Blatte von *Myrtus ceylonica*: die sezernierenden Zellen sind plattgedrückt mit außenseitig verdickten Wandungen. *C* junge Drüsen aus dem Blatte von *Ruta graveolens*: *h* Schutzhülle; die Sekretzellen teilweise von der Drüsenwand losgelöst, den Drüsenraum ausfüllend. *D* Drüse aus dem Blatt von *Dictamus albus*. (Nach Haberlandt.)

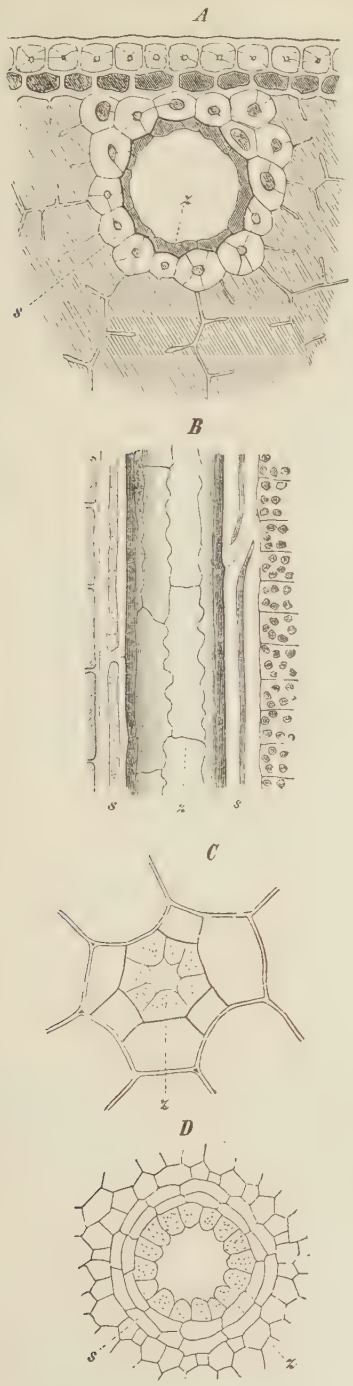


Abb. 7.

A Harzgang im Blatte von *Pinus silvestris* (Querschnitt); *B* desgl. (radialer Längsschnitt): *s* Schutzscheide, *z* Sekretzellen. *C* Ölgang im Mark des Stengels von *Heracleum sphondylium* im Querschnitt: *z* Sekretzellen. *D* Harzgang im primären Leptom des Zweiges von *Rhus cotinus: s* Schutzscheide, *z* Sekretzellen. (Nach Haberlandt.)

eine resinogene Schicht, und in dieser wird ein gelbes Öl gebildet. Dies geht allmählich in ein farbloses, sehr flüchtiges Öl, und dieses unter Sauerstoffaufnahme in kristallinischen Kampfer über, den man bisweilen in den Zellen auskristallisiert findet.

Während wir bisher die Sekret z e l l e n behandelt haben, kommen wir nunmehr zu den Sekret b e h ä l t e r n. Solche Sekretbehälter finden sich häufig in Blättern, bei denen sie in der Durchsicht als helle Flecken zu erkennen sind. (Abb. 6.) Sie kommen aber auch in anderen Organen der Pflanze vor. Entweder besitzen sie eine rundliche Form, oder sie sind langgestreckt, in diesem letzteren Falle bezeichnet man sie als Sekretgänge. (Abb. 7.)

Die Entstehung dieser Sekretbehälter findet auf schizogenem oder auf schizolysigenem Wege statt, d. h. im ersteren Fall wird durch Auseinanderweichen von Zellen eine Lücke gebildet, in welche das Sekret aus den umgebenden Zellen ausgeschieden wird. Dies erfolgt nach T s c h i r c h in der Weise, daß in den Zellen selbst nur die resinogenen Substanzen gebildet werden, welche dann in der resinogenen Schicht umgewandelt und in den Sekretbehälter ausgeschieden werden; H a n n i g ist jedoch der Ansicht, daß die Sekrete bereits fertig in Vakuolen des Protoplasmas gebildet werden.

Wenn der Sekretbehälter auf schizolysigenem Wege entsteht, so entsteht ebenfalls zuerst durch Auseinanderweichen der benachbarten Zellen ein Interzellularraum, der dann aber durch Auflösung der den Hohlraum umgebenden Zellen wesentlich erweitert wird.

Rein lysigene Entstehung der Sekretbehälter ist selten, es sind dies solche Fälle, in denen der Sekretbehälter durch Auflösung eines Gewebekomplexes ohne vorherige Bildung eines Spaltes entsteht.

Manche Sekretbehälter besitzen, wie H a b e r l a n d t gefunden hat, einen Ausführungsgang. Ein solcher Entleerungsapparat findet sich z. B. bei den subepidermalen Drüsen verschiedener *Rutaceen.* Der ganze Apparat besteht aus zwei Bestandteilen, einem passiven, dem Drüsendeckel, und einem aktiven, der Drüsenwand. (Abb. 8.)

Der Deckel setzt sich nach H a b e r -

landt in der Regel aus vier Deckzellen zusammen, die durch Teilung einer protodermalen Mutterzelle entstanden sind. Ihre Gestalt, sowie der Bau und die chemische Beschaffenheit ihrer Zellwände ist derartig, daß an präformierten Stellen in den Seitenwänden die Ausführungsspalten entstehen. Man kann die ersteren demnach als Spaltwände bezeichnen. Die Deckzellen sind fast immer ansehnlich niedriger als die angrenzenden Epidermiszellen, bei *Ruta graveolens* und *Pilocarpus pennatifolius* sind sie unter das Niveau der Epidermis eingesenkt. Diese flache Gestalt der Deckzellen begünstigt die Bildung der Ausführungsspalten. Ferner ist es vorteilhaft, daß die Außenwände der Deckzellen, oder wenigstens ihre Kutikularschichten, gewöhnlich bedeutend dünner sind als die der angrenzenden Epidermiszellen. Bei *Agathosma pubescens* sind die Kutikularschichten der Deckzellen allerdings ebenso mächtig; dafür erleichtert eine tiefe Furche, welche die Kutikularschichten über den Spaltwänden durchsetzt, die Bildung der Ausführungsspalte. Am wichtigsten ist aber die Beschaffenheit der Seitenwände der Deckzellen, der Spaltwände. Diese werden von einer bald zarten, bald dickeren Mittelschicht durchzogen, die vorwiegend aus Pektinstoffen, bei *Ruta* und *Pilocarpus* auch aus Kallose besteht. In dieser weichen Mittelschicht erfolgt die Spaltung der Wände. Ist diese erfolgt, so gleicht der Deckel in der Querschnittsansicht oft auffallend einem Spaltöffnungsapparat.

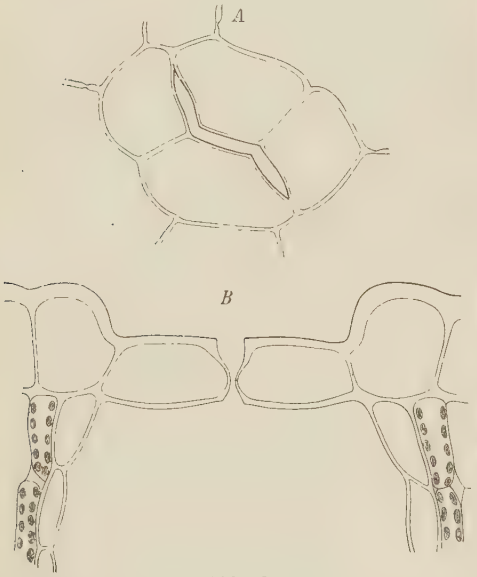


Abb. 8.
Entleerungsapparat der inneren Drüsen von *Ruta graveolens*. *A* Oberflächenansicht des Deckels mit der Ausführungsspalte. *B* Querschnittsansicht. (Nach Haberlandt.)

Die ein- bis dreischichtige Drüsenwand, der aktive Bestandteil des Entleerungsapparates, besteht aus flachen, lückenlos aneinanderschließenden Zellen. Ihre Hauptaufgabe besteht darin, durch ihren starken Turgor auf den Drüseninhalt einen Druck auszuüben. Von der starken Turgeszenz dieser Zellen kann man sich leicht überzeugen, wenn man einen nicht zu dünnen Querschnitt durch ein lebendes Blatt von *Ruta graveolens,* wobei eine Drüse getroffen wurde, in Wasser beobachtet. Die unverletzten Wandzellen wölben ihre Innenwände enorm stark in den Drüsenraum hinein; die in der intakten Drüse flachen Wandzellen sind zu großen Blasen geworden. Die Dehnung der Innenwände erfolgt weit über ihre Elastizitätsgrenze hinaus. In den Wandzellen ist also reichlich osmotisch wirksame Substanz enthalten; der dadurch erzielte Turgordruck, dem der Inhalt der Drüse ausgesetzt ist, reicht aber zur Entleerung der Drüse bzw. zur Bildung der Ausführungsspalte nicht aus. Eine spontane Entleerung des Drüseninhaltes findet nicht statt. Sie tritt erst ein, wenn das Blatt gebogen und so eine Drucksteigerung bewirkt wird; dabei begünstigt die Zugspannung, der die Zellen des Deckels auf der Konvexseite des gebogenen Blattes unterworfen sind, die Entstehung der Ausführungsspalte. Bei stark turgeszierenden Zweigen von *Ruta graveolens* genügt schon ein kräftiges Schütteln, um die Entleerung der Drüsen herbeizuführen.

Im Anschluß an die Untersuchungen Haberlandts hat dann Detto gezeigt, daß auch die in der Blütenregion von *Dictamnus* auftretenden, kurz gestielten, kugeligen oder birnenförmigen Drüsen mit einem Entleerungsapparat versehen sind. (Abb. 9.) Er besteht der Hauptsache nach aus einem, dem Scheitel des Drüsenkörpers aufsitzenden mehrzelligen Haar oder Schnabel, der schon bei leiser Berührung abbricht, worauf eine Ejakulation des Drüseninhaltes erfolgt.

Die inneren Drüsen sind nach Haberlandt nicht nur bei den meisten *Rutaceen* mit einem Entleerungsapparat versehen. Er kommt auch bei den daraufhin untersuchten *Myrtaceen* vor, doch weicht er hier in einigen Punkten von dem der *Rutaceen* ab. Er wurde von Haberlandt für *Myrtus communis* kurz beschrieben und dann von Porsch bei *Eucalyptus globulus* und *pulverulenta* eingehend studiert. Der Deckel besteht

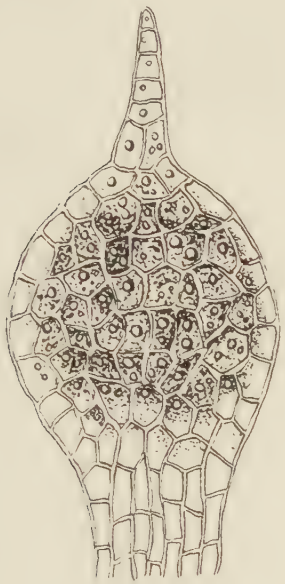


Abb. 9.
Dictamnus albus.
Drüsenhaar der Blumenkronblätter.
(Nach Martinet.)

gewöhnlich nur aus zwei Zellen, deren Außenwände bei *Eucalyptus* stark verdünnt sind. Dasselbe gilt von den Innenwänden. Die Seitenwand, welche die beiden Deckzellen trennt, ist S-förmig gekrümmt, sehr stark verdickt und ungleichmäßig getüpfelt. Bei Biegung des Blattes entsteht die Ausführungsspalte nicht durch Trennung dieser Seitenwand, sondern durch Zerreißen der zarten Innen- und Außenwand einer oder beider Deckzellen. Im übrigen ist die Mechanik des Entleerungsvorganges dieselbe wie bei den *Rutaceen*. Die Funktion der stark turgeszierenden Drüsenwand wird hier von den persistierenden Sekretzellen übernommen, die auf den Drüseninhalt einen beträchtlichen Druck ausüben. Die Steigerung dieses Druckes beim Biegen des Blattes führt dann zur Entleerung der Drüse. Nach Porsch sind auch die in den Kronblättern von *Boronia megastigma* vorkommenden inneren Drüsen mit einem dem *Rutaceen*typus entsprechenden Entleerungsapparate versehen.

Wenn wir nun auf die Verteilung der verschiedenen Sekretionsorgane bei den einzelnen Pflanzen zu sprechen kommen, so ist zunächst festzustellen, daß häufig bei derselben Pflanze in den verschiedenen Organen verschiedene Sekretionsapparate sich vorfinden. Es sei hier z. B. *Hypericum perforatum* genannt. Die Blätter dieser Pflanze besitzen die großen runden Sekretbehälter, die die Blätter in der Durchsicht punktiert erscheinen lassen und denen die Pflanze ihren Namen verdankt. In den Stengeln hingegen finden sich nur langgestreckte Sekretschläuche.

Ferner können die verschiedenen Glieder einer Familie verschiedene Sekretionsorgane besitzen. Dennoch läßt sich im allgemeinen sagen, daß die Sekretionsorgane eine außerordentliche systematische Bedeutung besitzen. Bei bestimmten Familien sind alle Arten mit den gleichen Sekretionsorganen versehen, so z. B. bei den *Umbelliferen* und den *Labiaten*. Bei anderen Familien fehlen Sekretionsorgane überhaupt, so z. B. bei den *Dilleniaceen, Berberidaceen, Sarraceniaceen, Frankeniaceen, Malpighiaceen, Ochnaceen, Stackhousiaceen, Melianthaceen, Staphyleaceen, Bruniaceen, Oenotheraceen, Oleaceen, Loganiaceen, Amarantaceen, Phytolaccaceen, Thymelaeaceen, Casuarinaceen, Salicaceen* usw.

Es sei ferner erwähnt, daß die chemische Natur der verschiedenen Sekrete eine wesentliche systematische Bedeutung besitzt, doch werden wir hier von einer Erörterung dieser Verhältnisse absehen, weil wir uns nur insoweit mit den Sekretionsorganen beschäftigen wollen, als sie Duftstoffe liefern.

Wenn wir einen kurzen Überblick über die Verteilung der Sekretionsorgane im Pflanzensystem bringen wollen, so sind zunächst bei den *Cryptogamen* die *Farne* zu nennen. Wir finden hier an den Spreuschuppen Drüsenhaare mit einem einzelligen Drüsenköpfchen. (Abb. 10.) Außerdem sind im Parenchym des Rhizoms und

der Wedelbasen von *Aspidium* einzellige Drüsenhaare vorhanden, die in die Interzellularen hineinragen. (Abb. 11.)

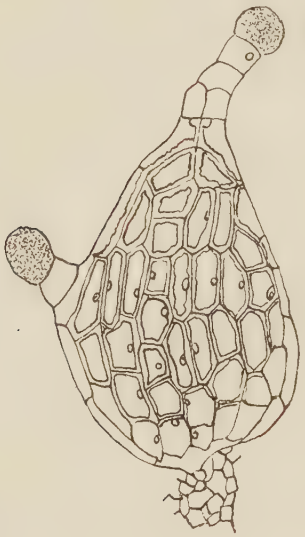


Abb. 10.
Asplenium bulbiferum.
Eine ausgewachsene, noch lebende Spreuschuppe mit zwei Drüsenhaaren.
(Nach Strasburger-Körnicke.)

Bei den *Gymnospermen* und insbesondere den *Coniferen* findet man Sekretgänge, die bei den *Cycadeen* Schleim führen, während sie bei den *Coniferen* Harz und Terpentinöl besitzen. Alle Teile der Wurzel, Holz und Rinde des Stammes, und vor allem die Blätter enthalten reichlich Sekretgänge. Zu beachten ist, daß Sekretgänge bei *Taxus* nicht vorkommen. Auch die *Gnetaceen* enthalten keine Sekretgänge.

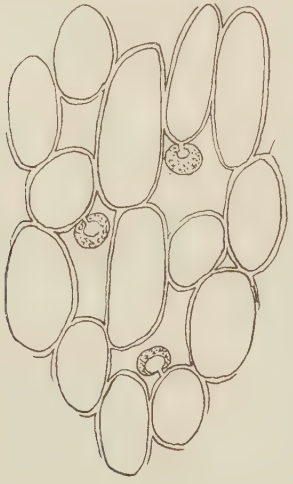


Abb. 11.
Aspidium filix mas (L.) Swartz.
Längsschnitt durch das Rhizom mit Drüsenhaaren in den Interzellularen. Vergr. 125. (Orig.)

Bei den *Monokotyledonen* sind Sekretionsorgane fast nur bei den *Araceen,* den *Xyridaceen* und den *Zingiberaceen* vorhanden.

Unter den *Dikotyledonen* finden sich Ölzellen bei den *Piperaceen, Chloranthaceen,* Drüsenhaare bei außerordentlich vielen Familien, z. B. *Geraniaceen, Solanaceen* usw., Drüsenhaare besonderer Art bei den *Compositen* und den *Labiaten,* schizolysigene Sekretbehälter z. B. bei den *Rutaceen,* rein schizogene Sekretbehälter bei den *Umbelliferen* und bei den *Tubuliflоren* der *Compositen.*

Während nun die Sekretionsorgane der Pflanzen gewissermaßen Depots der ätherischen Öle gleichzeitig darstellen, bilden sich andere ätherische Öle erst durch neue chemische Prozesse. Besonders sind hier einige Glukoside zu nennen, wie *Amygdalin* und *Sinigrin,* die in Gegenwart von Wasser durch Fermente gespalten werden und dann ätherische Öle liefern. Diese Glukoside werden nicht in besonders spezialisierten Zellen gebildet oder deponiert.

Aber auch eine große Anzahl zartester Duftstoffe wird von der Pflanze nicht aufgehoben, sondern meistens von den Blüten dauernd ausgehaucht, wenn wir diesen Ausdruck gebrauchen wollen.

Während man nun zur Gewinnung der ätherischen Öle bei Vorhandensein besonderer Sekretionsorgane die Destillation oder Extraktion anwendet, gewinnt man den Duft solcher Blüten, bei denen die Duftstoffe nicht in besonderen Sekretionsorganen aufgespeichert sind, durch ein anderes Verfahren, die Enfleurage. Das Wesen dieser Methode besteht darin, daß man die Blüten auf mit einer Fettschicht überzogene Glasplatten legt, wobei der Duft der Blüten von der Fettschicht absorbiert wird. Gleichzeitig bleiben aber die Blüten bei diesem Verfahren längere Zeit am Leben, so daß immer neue Mengen Duftstoffe von den Blüten abgegeben und von der Fettschicht aufgenommen werden. Die Fette, welche die Duftstoffe gelöst enthalten, werden nun entweder als solche verarbeitet, oder es werden ihnen die Duft-

stoffe durch geeignete Lösungsmittel entzogen (s. A, IV, 3).

E. Gilg und P. N. Schürhoff.

II. Systematische Gliederung der wichtigsten ätherischen Öle nach Pflanzenfamilien und Stammpflanzen geordnet.

(System von A. Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien.)

Pinaceae: Terpentinöle und Holzterpentinöle von *Pinus*-Arten, Fichtennadelöle von *Abies alba* (Edeltannennadel- und Edeltannenzapfenöl), von *Abies sibirica* (sibirisches Fichtennadelöl) und von *Pinus silvestris* (Kiefernadelöl), Zypressenöl von *Cupressus sempervirens,* Wacholderbeeröl von *Juniperus communis.*

Gramineae: Palmarosaöl von *Cymbopogon Martini var. Motia,* Gingergrasöl von *Cymbopogon Martini var. Sofia,* ostindisches Lemongrasöl von *Cymbopogon flexuosus,* westindisches Lemongrasöl von *Cymbopogon citratus,* Vetiveröl von *Vetiveria zizanioides,* Ceylon-Citronellöl von *Cymbopogon nardus lenabatu,* Java-Citronellöl von *Cymbopogon Winterianus.*

Araceae: Kalmusöl von *Acorus calamus.*

Iridaceae: Irisöl von *Iris florentina.*

Zingiberaceae: Ceylon-Malabar-Kardamomenöl von *Elettaria cardamomum var. α-minor.*

Betulaceae: Birkenrindenöl von *Betula lenta.*

Santalaceae: Sandelholzöl von *Santalum album.*

Chenopodiaceae: Amerikanisches Wurmsamenöl von *Chenopodium ambrosioides var. anthelminticum.*

Magnoliaceae: Sternanisöl von *Illicium verum.*

Anonaceae: Ylang-Ylangöl und Kanangaöl von *Cananga odorata.*

Lauraceae: Ceylon-Zimtöl von *Cinnamomum ceylanicum,* Kassiaöl von *Cinnamomum cassia,* Kampferöl von *Cinnamomum camphora,* Cayenne-Linaloeöl von wahrscheinlich *Ocotea caudata,* Sassafrasöl von *Sassafras officinale.*

Cruciferae: Senföl von *Brassica nigra.*

Rosaceae: Rosenöl von *Rosa damascena* und *Rosa centifolia,* Bittermandelöl von *Prunus armeniaca* und *Prunus amygdalus.*

Leguminosae: Kassieblütenöl von *Acacia Farnesiana.*

Geraniaceae: Geraniumöl von *Pelargonium odoratissimum, Pelargonium capitatum* und *Pelargonium roseum.*

Rutaceae: Zitronenöl von *Citrus medica subspecies Limonum,* Bergamottöl von *Citrus aurantium subspec. bergamia,* Orangenblütenöl von *Citrus aurantium subspec. amara.*

Burseraceae: Mexikanisches Linaloeöl von verschiedenen *Bursera*-Arten.

Myrtaceae: Bayöl von *Pimenta acris,* Nelkenöl von *Eugenia caryophyllata,* Eukalyptusöl von verschiedenen *Eucalyptus*-Arten, Kajeputöl von *Melaleuca leucadendron* und *Melaleuca minor.*

Umbelliferae: Korianderöl von *Coriandrum sativum,* Kümmelöl von *Carum carvi,* Ajowanöl von *Carum ajowan,* Anisöl von *Pimpinella anisum,* Fenchelöl von *Foeniculum vulgare,* Angelikaöl von *Archangelica officinalis.*

Ericaceae: Wintergrünöl von *Gaultheria procumbens.*

Oleaceae: Jasminöl von *Jasminum grandiflorum.*

Labiatae: Rosmarinöl von *Rosmarinus officinalis,* Lavendelöl von *Lavandula vera,* Salbeiöl von *Salvia officinalis,* Majoranöl von *Majorana hortensis,* Thymianöl von *Thymus vulgaris,* Pfefferminzöl von *Mentha piperita var. officinalis forma rubescens* und *forma pallescens,* Krauseminzöl von *Mentha spicata,* Patschuliöl von *Pogostemon patchouli.*

Compositae: Wermutöl von *Artemisia absinthium.*

III. Beschreibung der einzelnen Öle in alphabetischer Ordnung.

1. Ajowanöl [1]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Öles ist *Carum ajowan* Benth. et Hook., eine einjährige Umbellifere, die in Ägypten, Persien und Afghanistan wächst und vor allem in Indien vom Pandschab bis Bengalen und bis Süd-Dekan, neuerdings auf den Seychellen und auf Montserrat kultiviert wird.

Geschichte. Die Pflanze wurde wahrscheinlich zuerst Mitte des 16. Jahrhunderts nach Europa gebracht und Ende des 17. Jahrhunderts in England zu medizinischen Zwecken gebraucht. In der zwei-

ten Hälfte des 19. Jahrhunderts diente das in Europa aus dem Samen destillierte Öl zur Gewinnung von Thymol.

Gewinnung. Zur Darstellung des Öles werden die aus Indien stammenden, zerkleinerten braungrauen Früchte der Wasserdampfdestillation unterworfen. Die Ölausbeute beträgt 3 bis 4%.

Handel und Statistik. Die Ausfuhr von Ajowansamen aus Indien betrug 1912/13 21650 Cwts., 1915/16 13062 Cwts., 1917/18 3990 Cwts., 1918/19 1917 Cwts. Früher verbrauchte Deutschland 80% der meist über Bombay ausgeführten Früchte.

Sorten. Im Handel unterscheidet man zwei Sorten von Ajowansamen: »*Indore*« und »*Kurnol*«; die letzte ist die bessere.

Beschaffenheit. Ajowanöl ist eine fast farblose oder bräunlich gefärbte, nach Thymian riechende, scharf schmeckende Flüssigkeit, aus der sich beim Stehen ein Teil des in ihr enthaltenen Thymols ausscheidet. Die Konstanten des Öles sind: d_{15^0} 0,910 bis 0,930, α_D schwach rechts bis + 5°, n_{D20^0} um 1,500, Phenolgehalt (Thymol, mit 5%iger Natronlauge bestimmt) 45 bis 57%, löslich in 1 bis 2,5 Vol. und mehr 80%igen Alkohols.

Bestandteile[2]). Außer dem zu etwa 50% vorhandenen Thymol besteht das Öl aus Kohlenwasserstoffen, die unter dem Namen »Thymen« in den Handel kommen. Im Thymen wurde in der Hauptsache γ-Terpinen nachgewiesen, ferner p-Cymol, α-Pinen, Dipenten und Moslen (ein 1,2- oder 1,4-Dihydrocymol).

Prüfung. Bestimmung des Thymolgehaltes durch Ausschütteln mit 5%iger Natronlauge.

Ersatz. Andere thymolhaltige Öle, wie die von *Ocimum viride, Thymus vulgaris* oder *Mosla japonica.*

Anwendung. Das Ajowanöl wird in Europa zur Gewinnung von Thymol verwendet. In Indien gebraucht man das aus dem Samen bei der Destillation gewonnene Wasser als Arzneimittel.

2. Angelikaöl[3]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Öles ist die im ganzen nördlichen Europa bis nach Sibirien verbreitete Umbellifere *Angelica officinalis* L., die in drei Typen, *var. litoralis Agardh* (Küstenengelwurz), *var. norvegica* Rupr. (Bergengelwurz) und *var. sativa* Mill. p. sp. (Kulturengelwurz) auftritt.

Geschichte. Nachdem die Angelika im 15. Jahrhundert als Gewürzpflanze in Gebrauch gekommen war, wurde das Öl der Wurzel bereits in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts destilliert.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl durch Wasserdampfdestillation der an Nebenwurzeln (Zasern) reichen Wurzeln und der Früchte der Kultur-Engelwurz, die zu diesem Zweck vor allem in Thüringen in Cölleda an der Unstrut und Umgebung, ferner auch im sächsischen Erzgebirge, in Franken (bei Schweinfurt und Gochsheim), in geringeren Mengen im Harz, im Riesengebirge, Böhmen, Mähren und Ungarn angebaut wird. Die Ausbeute beträgt 0,35 bis 1% aus trockener, 0,1 bis 0,37% aus frischer Wurzel und 0,7 bis 1,5% aus den Früchten.

Sorten. Man unterscheidet das Öl aus Wurzeln und das Öl aus Samen.

Beschaffenheit. Das frisch destillierte Wurzelöl ist eine fast farblose, angenehm balsamisch riechende Flüssigkeit, die sich beim Aufbewahren unter dem Einfluß von Luft und Licht gelb bis bräunlich färbt. An dem Öl wurden folgende Konstanten beobachtet: d_{15^0} 0,859 bis 0,918 (bei Thüringer Destillaten bis herunter zu 0,853), α_D + 16° bis + 41°, n_{D20^0} 1.477 bis 1,488, S. Z. bis 3,8, E. Z. 12 bis 37, E. Z. nach Actlg. 51 bis 75, löslich in 0,5 bis 6 Vol. 90%igen Alkohols und mehr, manchmal mit geringer Trübung. Beim Lagern des Öles wurde eine Abnahme der Drehung beobachtet.

Bestandteile[4]). In dem Wurzelöl wurden nachgewiesen: d-Phellandren und noch andere Terpene (darunter wahrscheinlich Pinen), Methyläthylessigsäure, Oxypentadezylsäure $C_{15}H_{30}O_3$ und ein kristallinisches Lakton $C_{15}H_{16}O_3$. Die Destillationswässer, die bei der Darstellung des Öles abfallen, enthielten Diazetyl, Methylalkohol, Äthylalkohol, Furfurol und eine nach Pyridin riechende Base.

In dem Angelikasamenöl, das dem Wurzelöl sehr nahe steht, konnten ebenfalls Phellandren und Methyläthylessigsäure, außerdem Oxymyristinsäure nachgewiesen werden.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie.

3. Anisöl [5]).

Abstammung. Der Anis, *Pimpinella anisum* L., ist eine einjährige, bis 60 cm hoch werdende Umbellifere, die ursprünglich wahrscheinlich in den östlichen Mittelmeerländern (Cypern, Ägypten) heimisch war, jetzt aber durch Kultur über ganz Europa, Rußland, Japan und Indien verbreitet ist.

Geschichte. Der Anis gehört zu den schon im Altertum gebrauchten Gewürzpflanzen. Das Öl wurde zuerst Ende des 15. Jahrhunderts beschrieben.

Gewinnung. Das Öl wird durch Wasserdampfdestillation der zerkleinerten Früchte gewonnen. Je nach der Herkunft der Samen schwankt die Ausbeute zwischen 1,5 und 6,0%.

Sorten. Bis zum Weltkriege wurde zur Destillation in erster Linie russischer Anis (Ausbeute 2,2 bis 3,2% Öl) verwendet, den man teilweise auch in Rußland zu Öl verarbeitete. In zweiter Linie kommen für die Ölgewinnung bulgarischer (Ausbeute 2,4% Öl), weniger ostfriesischer und italienischer (Ausbeute 2,7 bis 3,5% Öl), spanischer (Ausbeute 3% Öl) und syrischer Anis (Ausbeute 1,5 bis 6% Öl) in Betracht.

Statistisches. Die mit Anis bebaute Fläche bedeckte im Jahre 1912 in Rußland 3843 ha, die eine Ernte von 3000 t Samen ergaben.

Beschaffenheit. Anisöl ist oberhalb 20° eine farblose, stark lichtbrechende, süß schmeckende Flüssigkeit, die in der Kälte zu einer schneeweißen, kristallinischen, bei 15° schmelzenden Masse erstarrt. Die Konstanten des Öls sind: Erst. P. zwischen 15 und 19°, $d_{20°}$ 0,980 bis 0,990, α_D bis $-1°\ 50'$, $n_{D20°}$ 1,557 bis 1,559, löslich in 1,5 bis 3 Vol. 90%igen Alkohols. Unter dem Einfluß von Licht und Luft verändert sich das Öl, da sich Oxydationsprodukte (Anisaldehyd und Anissäure) sowie Polymere (Di-p-methoxystilben) bilden.

Bestandteile [6]). Anisöl besteht zu 80 bis 90% aus Anethol (p-Propenylphenolmethyläther), ferner aus dem isomeren Methylchavicol und aus Anisketon (p-Methoxyphenylazeton).

Prüfung. Unter anderm ist hier die Bestimmung des Erstarrungspunktes wichtig.

Verfälschung. Als Verfälschungsmittel wurden beobachtet: Terpentin-, Zedernholz-, Copaivabalsam-, Gurjunbalsam- und Fenchelöl, Spiritus, Fenchelstearopten, Walrat und fette Öle.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie und in der Medizin.

4. Bayöl [7]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Bayöles ist nach E. M. Holmes die Myrtacee *Pimenta acris* Wight (*Eugenia acris* Wight et Arnott). Der in Westindien heimische, 20 bis 40 englische Fuß hohe Baum ist vor anderen in Westindien vorkommenden *Pimenta*-Arten durch fünfzählige Blüten ausgezeichnet. Die Pflanze findet sich wild oder kultiviert auf Dominika, ferner auch auf Montserrat, St. John, Barbuda, Saba, Antigua, Barbados und Portoriko. Mit dem Anbau der Baypflanze hat man auf Montserrat, ferner auch in Kamerun gute Erfolge gehabt.

Geschichte. Das ätherische Öl wurde 1878 zuerst von der Firma Schimmel & Co. in Europa eingeführt.

Gewinnung. Der Hauptproduktionsort für Bayöl ist St. Thomas in Westindien, wo die aus Dominika und anderen westindischen Inseln eingeführten Blätter und jungen Zweigspitzen des kultivierten oder wild wachsenden Baybaumes in kupfernen Blasen von etwa 200 Gallonen Inhalt (900 l) unter Zusatz von Kochsalz destilliert werden. Die Ausbeute beträgt 1,2 bis 1,3% aus frischen und 2,5 bis 3,5% aus getrockneten Blättern. Bei der Destillation scheidet sich ein Teil des Öles in der Vorlage an der Oberfläche, ein anderer am Boden des Wassers ab. Ein normales Öl soll aus dem Gemisch dieser leichten und schweren Anteile bestehen.

Sorten. Als besonders gute Ware gilt das aus Dominika stammende Öl. Hingegen sind die auf den Leeward-Inseln gewonnenen Öle minderwertig.

Beschaffenheit. Bayöl ist eine gelbe, an der Luft bald braun werdende Flüssigkeit, die angenehm nach Nelkenöl riecht und scharf und würzig schmeckt. Die Konstanten sind folgende: $d_{15°}$ 0,965 bis 0,985, bei weniger guten Ölen bis herab

zu 0,951, α_D links bis $-2°$, selten bis $-3°$, $n_{D20°}$ 1,510 bis 1,520, Phenolgehalt (Eugenol und Chavicol) 59 bis 66%, bei minderwertigen Ölen bis herab zu 40%, löslich in 1 bis 2 Vol. 70%igen Alkohols. (Ältere Öle sind schwerer löslich.)

Bestandteile[8]). In dem Öl wurden nachgewiesen: Eugenol, geringe Mengen Methyleugenol, ein Terpen Myrcen, l-Phellandren, Citral, Chavicol, Methylchavicol: in dem Destillationswasser sind Methylchavicol, Furfurol und Diazetyl gefunden worden.

Verfälschung. Häufig werden nur die schweren oder die leichten Anteile, mitunter auch mit Petroleum oder Terpentinöl verfälscht, in den Handel gebracht.

Anwendung. Zu kosmetischen Zwecken, insbesondere zur Herstellung von Bayrum.

5. Bergamottöl[9]).

Abstammung. Von der Rutacee *Citrus aurantium L. subspec. bergamia* (Risso et Poiteau), einem durch süßlich riechende Blüten und kugelige oder etwas längliche, glattschalige, blaßgelbe Früchte vor anderen Agrumen ausgezeichneten Baume. Die Pflanze wird in Westindien und seit dem 17. Jahrhundert in Europa, besonders in Kalabrien kultiviert.

Geschichte. Das ätherische Öl wird seit Ende des 17. Jahrhunderts verwendet.

Gewinnung. In Kalabrien gewinnt man das in der äußersten Fruchtschale vorhandene Öl seit Jahren mittels der »Macchina«. Die Macchina ist eine primitive, mit der Hand betriebene Vorrichtung, die im wesentlichen aus einem großen Holzrad, einem Triebwerk, zwei mit Spitzen oder Schneiden versehenen Preßtellern und einem kastenartigen Unterteil mit Behälter für das ausgepreßte Öl besteht. Zur Ölgewinnung bringt man die Früchte zwischen den beiden Preßtellern in eine walzende Bewegung, so daß die Fruchtschalen zerreißen und das Öl aus den Schalen gepreßt wird.

Statistisches. Ausfuhr von Bergamottöl aus Messina: 1921 50 880 kg, 1922 96 912 kg, 1923 124 124 kg, 1924 103 629 kg.

Sorten. Das aus reifen Früchten gewonnene Öl ist esterreicher und besser als das zu Beginn der Ernte aus noch nicht ganz reifen Bergamotten erhaltene.

Eigenschaften. Bergamottöl ist eine braungelbe oder honigfarbige, häufig durch seinen Gehalt an Kupfer grün gefärbte, bitter schmeckende und angenehm riechende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: $d_{15°}$ 0,881 bis 0,886, α_D + 8 bis + 22°, $n_{D20°}$ 1,464 bis 1,468, S. Z. 1 bis 3,5. Der Gehalt an Linalylazetat beträgt 34 bis 40%, selten bis 45%. Öle aus unreifen Früchten enthalten nur bis 30% Ester und haben auch sonst abweichende Konstanten.

Bestandteile[10]). Außer l-Linalylazetat sind in dem Öl freies l-Linalool, Dihydrocuminalkohol, Nerol, Terpineol, Bergapten (der Monomethyläther eines vom Phloroglucin sich ableitenden Dioxycumarins), Essigsäure, l-α-Pinen, Camphen und Bisabolen enthalten.

Prüfung. Für den Wert des Öles ist sein Gehalt an Linalylazetat maßgebend. (Bestimmung s. p u. r).

Verfälschungen. Als Verfälschungen wurden in dem Öl gefunden: Terpentinöl, Zitronenöl, Pomeranzenöl, destilliertes Bergamottöl, Zedernholzöl, Terpinyl- und Glyzerinazetat, Bernsteinsäure- und Zitronensäureester.

Ersatz. Als Ersatzmittel können künstliches Bergamottöl und Linalylazetat dienen.

Anwendung. Zur Bereitung kosmetischer Präparate und in der Genußmittelindustrie.

6. Birkenrindenöl[11]).

(Siehe auch Wintergrünöl, Nr. 45)

Abstammung. Die Stammpflanze des Öles ist *Betula lenta* L., eine 15 bis 20 m hohe Betulacee, die im südlichen Kanada und im Norden der Vereinigten Staaten wächst.

Geschichte. Das Öl war schon im 18. Jahrhundert als dem Öle von *Gaultheria procumbens* ähnlich bekannt und wurde Ende des 19. Jahrhunderts in größerer Menge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika gewonnen.

Gewinnung. Birkenrindenöl ist in der nach dem Kambium zu gelegenen Rindenschicht nicht als solches vorhanden, sondern entsteht erst aus dem Glukosid

Gaultherin. Unter Einwirkung des Fermentes Betulase wird Gaultherin in Gegenwart von Wasser in das ätherische Öl (in der Hauptsache Salizylsäuremethylester) und in Traubenzucker gespalten. Aus diesem Grunde mazeriert man vor der Destillation die zerkleinerte Rinde und manchmal auch die Zweige unter Zugabe von Wintergrünkraut 12 Stunden lang bei Zimmertemperatur mit Wasser. Hierauf destilliert man das Gemisch in meist noch sehr primitiven Apparaten im Nordwesten, teilweise auch im Südwesten des Staates Tennessee. Bei Verarbeitung größerer Mengen Birkenrinde wurden Ausbeuten von 0,3%, bei rationell geleiteter Destillation, wie sie jetzt in New Yersey gehandhabt wird, bis zu 0,6% Öl erhalten. Aus den Destillationswässern gewann man durch Kohobation noch 0,076% Öl.

Beschaffenheit. Birkenrindenöl ist eine farblose oder gelbliche, manchmal durch Spuren von Eisen rötlich gefärbte Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: Sdp. 218 bis 221°, $d_{15°}$ 1,180 bis 1,188. Im Gegensatz zu dem schwach linksdrehenden Gaultheriaöl ist Birkenrindenöl optisch inaktiv. Mit Birkenrindenöl geschütteltes Wasser gibt mit Eisenchlorid eine tiefviolette Färbung.

Inhaltsstoffe[12]). Das Öl besteht zu 99,8% aus Methylsalizylat, im übrigen aus einem bei 65,5° schmelzenden Paraffin, wahrscheinlich aus Triakontan $C_{30}H_{62}$ und einem bei 230 bis 235° siedenden Ester $C_{14}H_{24}O_2$.

Prüfung. Der Gehalt des Öles an Methylsalizylat wird titrimetrisch (Umwandlung in Dijodsalizylsäure) oder einfacher durch Bestimmung der Esterzahl ermittelt.

Verfälschung. Als Verfälschung sind Zusätze von Petroleum und von Ölen, wie Sassafrasöl mit Chloroform oder leichtem Kampferöl, beobachtet worden.

Anwendung. Zu medizinischen Zwecken und zur Aromatisierung mancher Zuckerwaren, früher zur Darstellung von Salizylsäure.

7. Bittermandelöl[13]).

Abstammung. Das Öl wird fast ausschließlich aus den Kernen der Aprikose *Prunus armeniaca* L. und nur in ganz geringer Menge aus den bitteren Mandeln von *Prunus amygdalus* Stokes gewonnen. Während früher die Aprikosenkerne fast nur aus Kleinasien und Syrien unter der Bezeichnung Pfirsichkerne in den europäischen Handel kamen, wird die Droge jetzt auch aus anderen Ländern, wie Marokko, Kalifornien und Japan geliefert.

Geschichte. Das Bittermandelöl wurde zuerst im 15. und 16. Jahrhundert von Saladin und Sancto Amando erwähnt, aber erst seit dem Ende des 18. Jahrhunderts mehr verwendet.

Gewinnung. Die durch Pressen von dem fetten Öl befreiten Kerne werden fein gepulvert, mit 5 bis 8 Teilen Wasser von 50 bis 60° angerührt und 12 Stunden lang sich selbst überlassen. Hierauf wird das inzwischen durch Spaltung des Glukosids Amygdalin mittels Emulsin entstandene ätherische Öl mit Wasserdampf destilliert. Die Hauptmenge des in Wasser zum Teil löslichen Öls (Benzaldehyd) erhält man erst durch Kohobation der Destillationswässer. Bei bittern Mandeln beträgt die Ausbeute an ätherischem Öl 0,5 bis 0,7%, bei Aprikosenkernen 0,6 bis 1%.

Handel und Statistik. An Aprikosenkernen wurden 1909 nach Hamburg eingeführt: Aus Nordamerika 463 000 kg, aus Kleinasien 178 800 kg, aus Japan 92 900 kg, aus Marokko 35 800 kg.

Beschaffenheit. Bittermandelöl ist eine anfangs farblose, später gelb werdende, stark lichtbrechende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: $d_{15°}$ 1,045 bis 1,070, α_D meist $\pm 0°$, in einzelnen Fällen bis $+ 0° 9'$, $n_{D20°}$ 1,532 bis 1,544, löslich in 300 Teilen Wasser, und in 1 bis 2 Vol. 70%igen Alkohols. Das Öl zeichnet sich durch seinen Geruch nach gekauten bittern Mandeln aus.

Bestandteile. Bittermandelöl besteht aus Benzaldehyd, Benzaldehydcyanhydrin, 1,6 bis 4% (ausnahmsweise 9 bis 11,4%) Blausäure und einer geringen Menge eines noch nicht identifizierten, angenehm riechenden gelben Öles. Das Benzaldehydcyanhydrin entsteht mit der Zeit durch die Einwirkung der Blausäure auf Benzaldehyd.

Prüfung, Verfälschung, Ersatz. Zur Prüfung des Öles dient die quantitative gewichts- oder maßanalytische Blausäurebestimmung. Fremde Öle

und Nitrobenzol werden leicht nachgewiesen, indem man den Benzaldehyd in die Bisulfitverbindung überführt und von den nicht aldehydischen Bestandteilen trennt. — Sehr häufig wird Bittermandelöl mit künstlichem Benzaldehyd verfälscht, der, da meist chlorhaltig, durch die Chlorreaktion nachweisbar ist. — Ein Ersatzmittel ist das sehr ähnliche, aber etwas abweichend riechende Kirschlorbeeröl.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie und bei der Bereitung pharmazeutischer Präparate.

C siehe unter K und Z.

Edeltannennadelöl und Edeltannenzapfenöl

siehe unter Fichtennadelöle 9 a, b.

8. Eukalyptusöle [14]).

Abstammung. Die Eukalyptusöle des Handels stammen von den Blättern verschiedener, ursprünglich in Australien heimischer *Eucalyptus*-Arten. Die schnell wachsenden und nützlichen Eukalypten, die als Schutz- und Schattenbäume und ferner zum Austrocknen sumpfiger Gelände dienten, wurden vielfach in andern Weltteilen (Europa: Italien, Frankreich, Spanien, Portugal; Asien: Nilgiris; Afrika: Algerien, Kongostaat, Katanga, Transvaal; Amerika: Kalifornien, Florida, Mexiko, Kolumbien, Brasilien) mit Erfolg angebaut.

Geschichte. Das ätherische Öl, und zwar ein von den Blättern von *Eucalyptus piperita* Sm. in Neusüdwales gewonnenes Produkt, wurde bereits 1790 von dem Arzte J. White erwähnt und medizinisch verwendet. 1854 errichtete man in Australien die erste Eukalyptusölfabrik, und um 1866 kam das australische Öl, vor allem das von *Eucalyptus amygdalina,* in den deutschen Handel. Das sogenannte Globulusöl (von *Eucalyptus globulus* Lab.) wurde zuerst in Südfrankreich, Algerien und Kalifornien gewonnen und bildete seit Anfang der achtziger Jahre einen regelmäßigen Handelsartikel.

Gewinnung. Eukalyptusöl wird in Australien im allgemeinen in ziemlich primitiver Weise von verschiedenen *Eucalyptus*-Arten, vorwiegend von *Eucalyptus polybractea* und *E. dumosa,* gewonnen, und zwar entweder in kleineren transportablen Apparaten durch Destillation der Blätter über freiem Feuer oder in größeren aus Holz gefertigen Blasen, die mit Dampf geheizt werden. Das erhaltene Rohöl wird zunächst mit Natronlauge behandelt und hierauf rektifiziert. Bei dieser Bearbeitung bleiben 10% des ursprünglichen Öles in der Blase zurück und bilden mit der Natronlauge eine Art Seife, die unter der Bezeichnung »Eucalyptus tar« als Desinfektionsmittel oder zum Parfümieren gewöhnlicher Seifen verwendet wird. Die Ausbeuten an ätherischem Öl sind je nach der vorliegenden *Eucalyptus*-Art sehr verschieden und betragen 0,0084% (bei *Eucalyptus rubida)* bis 4,2% (bei *Eucalyptus amygdalina*).

Handel und Statistik. In Australien sind die Hauptproduktionsorte Melbourne und Umgebung, Bendigo, Adelaide, Pumelroo, die Känguru-Insel, Brisbane, Gladstone, Rockhampton und Wallaroo und Hobart. Außerhalb Australiens finden sich kleinere Destillationsbetriebe, die für den Verbrauch im eigenen Lande arbeiten, in Südfrankreich, Italien, Indien, Transvaal und Mexiko. Globulusöl kommt in größeren Mengen aus Algerien, seit dem Kriege auch aus Spanien in den Handel. 1917 betrug der Wert der Eukalyptusölausfuhr aus Australien 60 311 £, 1918 77 219 £, 1921/22 24 470 £ (35 039 Gall.), 1922/23 34 602 £ (53 129 Gall.). In Australien selbst werden für die Erzverarbeitung nach dem Verfahren von De Bavay jährlich etwa 300 t Eukalyptusöl verbraucht.

Sorten. Außer dem in der Medizin vor allem verwendeten Öl von *Eucalyptus globulus* werden noch 14 andere und sehr verschieden zusammengesetzte Eukalyptusöle im großen gewonnen und technisch oder medizinisch verwendet. In Australien kommen gegen 178 verschiedene *Eucalyptus*-Arten vor, deren ätherische Öle untersucht wurden. Die wichtigsten Handelsprodukte sind die Öle von *Eucalyptus polybractea* (Blue mallee), von *E. australiana* (Black peppermint), von *E. phellandra* (Narrow leaf peppermint), von *E. Macarthuri* (Paddys river box), von *E. citriodora,* von *E. radiata* (White top).

Beschaffenheit. Die Eigenschaften der einzelnen Eukalyptusöle sind sehr

verschieden. Das außerhalb Australiens am meisten bekannte Globulusöl ist eine hellgelbe oder blaßgrünliche, angenehm nach Cineol riechende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: d_{15^0} 0,910 bis 0,930, α_D rechts bis + 15°, n_{D20^0} 1,460 bis 1,469, löslich in 2 bis 3 Vol. u. m. 70%igen Alkohols.

Bestandteile. Die Eukalyptusöle hat man nach dem jeweiligen Vorwiegen einiger Bestandteile (Phellandren, Cineol, Pinen, Aromadendral, Piperiton) in verschiedene Gruppen eingeteilt. Das Globulusöl[15]), das z. B. zu der Gruppe der phellandrenfreien, aber cineol- und pinenhaltigen Öle gehört, enthält vor allem Cineol (Eukalyptol) $C_{10}H_{18}O$, ferner d-α-Pinen, Camphen, Valeraldehyd, Butyl- und Capronaldehyd, Äthyl-, Amyl- und Isoamylalkohol, Pinocarveol, einen Sesquiterpenalkohol, Globulol, Eudesmol und ein Sesquiterpen.

Prüfung, Verfälschung, Ersatz. Die cineolhaltigen Eukalyptusöle werden im allgemeinen nach ihrem Cineolgehalt beurteilt (Bestimmung am besten nach der Resorcinmethode: Bildung eines Additionsproduktes von Resorcin und Cineol). — Verfälschungen, z. B. mit Rizinusöl, sind bei den Eukalyptusölen selten beobachtet worden. — Als Ersatz für das Globulusöl kann das Eukalyptol dienen.

Anwendung. Verwendet werden die cineolhaltigen Öle außer zur Gewinnung von Cineol in der Medizin und Kosmetik, die mehr phellandrenhaltigen Öle in der Seifenindustrie und bei der Erzaufbereitung.

9. Fichtennadelöle.

Allgemeines. Unter der Bezeichnung Fichtennadelöle faßt man die durch Wasserdampfdestillation der frischen Blätter und Zweige sowie der einjährigen Fruchtzapfen der Abietineen (Tannen, Fichten, Kiefern und Lärchen) gewonnenen Produkte zusammen. Die wichtigsten Fichtennadelöle, die für die Technik in Betracht kommen, sind das Edeltannennadelöl, das Edeltannenzapfenöl, das Latschenkieferöl und das Kiefernadelöl.

a) Edeltannennadelöl[16]).

Abstammung. Das Edeltannennadelöl wird durch Destillation aus den Nadeln und Zweigspitzen der Edel- oder Weißtanne, *Abies alba* Mill., in der Schweiz, Tirol, Niederösterreich, auch in Thüringen und im Schwarzwald mit 0,2 bis 0,3% Ausbeute gewonnen.

Beschaffenheit. Das farblose, sehr angenehm balsamisch riechende Öl hat die Konstanten: d_{15^0} 0,867 bis 0,886, α_D — 34° bis — 60° bis — 64°, n_{D20^0} 1,473 bis 1,474 bis 1,476.

Bestandteile[17]). l-α-Pinen, l-Limonen, l-Bornylazetat (4,5 bis 11%), Laurinaldehyd in geringen Mengen, Santen und ein Sesquiterpen.

Anwendung. Für medizinische und kosmetische Zwecke.

b) Edeltannenzapfenöl[18]).

Gewinnung. Das Edeltannenzapfen- oder Templinöl wird in der Schweiz sowie im Thüringer Walde aus den im August und September gesammelten einjährigen Fruchtzapfen der Edeltanne durch Dampfdestillation gewonnen.

Beschaffenheit. Das im Geruch etwas an Zitronen und Pomeranzen erinnernde Öl hat die Konstanten: d 0,851 bis 0,870, α_D — 60 bis — 84°, Estergehalt (als Bornylazetat berechnet) 0 bis 6%.

Bestandteile[19]). l-α-Pinen, l-Limonen, Borneol, wahrscheinlich als Azetat, ein Sesquiterpen.

Anwendung. In der Medizin, Parfümerie und zur Gewinnung von l-Limonen.

c) Latschenkiefer- oder Krummholzöl[20]).

Gewinnung. Das Öl wird durch Dampfdestillation der frischen Nadeln und Zweigspitzen der Latschenkiefer, *Pinus montana* Mill., in den österreichischen Alpenländern, besonders in Tirol, im südlichen Niederösterreich, im Norden Steiermarks und in der Tatra in Ausbeuten von 0,4 bis 0,45% gewonnen.

Beschaffenheit. Das angenehm balsamisch riechende Öl hat die Konstanten: d 0,863 bis 0,875, α — 4° 30′ bis — 9°, n_{D20^0} 1,475 bis 1,480, S. Z. 1, Estergehalt (Bornylazetat) 3 bis 8%.

Bestandteile[21]). l-Phellandren, Sylvestren, Bornylazetat, wenig l-α-Pinen und Cadinen, ein Aldehyd und ein wahrscheinlich zyklischer Körper »Pumilon«.

Verfälschungen. Verfälschungen mit Terpentin- und Kampferöl wurden beobachtet.

Anwendung. Zu medizinischen und kosmetischen Zwecken.

d) Kiefernadelöl[22]).

Man unterscheidet je nach der Herkunft deutsche, schwedische, russische und englische Kiefernadelöle, die alle aus den Nadeln der Kiefer oder Föhre, *Pinus silvestris* L. gewonnen werden. Die Öle enthalten ähnliche Bestandteile: d- oder l-α-Pinen, d-Sylvestren, Dipenten und zum Teil Cadinen.

Anwendung. Für hygienische und medizinische Zwecke.

e) Fichtennadelöl, sibirisches[23]).

Dieses von der sibirischen Edeltanne, *Abies sibirica* Ledeb., stammende Öl enthält Santen l-α- und β-Pinen, l-Camphen, α-Phellandren, Dipenten, Bisabolen und 30 bis 40% l-Bornylazetat.

Verwendung. Zur Darstellung von Bornylazetat und Kampfer.

10. Geraniumöl[24]).

Abstammung. Das Geranium- oder Pelargoniumöl wird aus den Blättern verschiedener *Pelargonium*-Arten, hauptsächlich *P. odoratissimum* Willd., *P. capitatum* Ait. und *P. roseum* Willd. gewonnen.

Geschichte. Nachdem die Pelargonien 1690 aus Südafrika nach Europa eingeführt worden waren, stellte Recluz in Lyon das ätherische Öl durch Destillation aus den Blättern dar. 1847 wurden die Pelargonien zur Ölgewinnung in Paris, später auch in Spanien, Algerien, auf Korsika, Sizilien und auf Réunion angebaut.

Gewinnung. Gewonnen wird das ätherische Öl durch Wasserdampfdestillation der Blätter. Je nach der Herkunft schwankt die Ausbeute zwischen 0,1 und 0,2%.

Handel und Statistik. In Frankreich wurden im Anfang des 20. Jahrhunderts 2000 bis 3000 kg, in Spanien schätzungsweise 600 bis 1000 kg, auf Réunion 13 000 bis 61 000 kg (1924 98 384 kg), auf Korsika 600 bis 700 kg und in Algerien 24 000 bis 63 000 kg jährlich produziert. Nach dem Kriege ging die Produktion in Algerien sehr zurück; sie belief sich 1921 auf 14 000 kg.

Sorten. Im Handel unterscheidet man folgende Sorten, die in Geruch und Eigenschaften mehr oder weniger voneinander abweichen: 1. Réunion-Geraniumöl, 2. afrikanisches, 3. spanisches, 4. französisches, 5. korsikanisches Geraniumöl.

Beschaffenheit. Die Geraniumöle sind farblose, grünliche oder bräunliche, angenehm rosenähnlich riechende Flüssigkeiten. Die Konstanten des Réunionöles sind: $d_{15°}$ 0,888 bis 0,896, α_D — 7° 50′ bis — 15° 50′, $n_{D20°}$ 1,462 bis 1,464, S. Z. 1,5 bis 12, E. Z. 50 bis 78 = 21 bis 33% Geranyltiglinat, E. Z. nach Actlg. 206 bis 233 = 67 bis 77,6% Alkohol $C_{10}H_{18}O$, Gesamtalkohol 60 bis 71%.

neol, Phenyläthylalkohol und Menthol,

Bestandteile[25]). Die Geraniumöle bestehen in der Hauptsache aus den Alkoholen Geraniol und Citronellol neben kleinen Mengen von Linalool, l-α-Terpi- und zwar waren im Réunionöl 80%. im afrikanischen Öl 75 % und im spanischen Öl 70 % Alkohole enthalten. Ferner wurden in dem Öl gefunden: l-α-Pinen, Spuren von Phellandren, l-Menthon, Citral, Tiglin-, Valerian-, Butter- und Essigsäure und Dimethylsulfid.

Prüfung, Verfälschung. Zur Beurteilung dienen außer den physikalischen Eigenschaften insbesondere die Löslichkeit in verdünntem Alkohol und die Bestimmung des Gesamtalkoholgehaltes. — Als Verfälschungen wurden beobachtet: Terpentin-, Zedernholz-, Gurjunbalsam- und Gingergrasöl.

Anwendung. In der Parfümerie und der Kosmetik.

Gingergrasöl s. unter Palmarosaöl[31]).

11. Irisöl[26]).

Abstammung. Das Irisöl ist in den Wurzelstöcken der drei *Iris*-Arten, *Iris germanica, Iris pallida* Lam. und *Iris florentina* L. enthalten, die vor allem in Florenz, ferner in Arezzo, Grosseto, Ravenna und Perugia kultiviert werden. Zur Gewinnung des Öles benutzt man fast ausschließlich die aus Florenz stammende Droge.

Geschichtliches. Ein Irisöl wurde schon im Frankfurter Register 1582 erwähnt, doch scheint das erste feste flüchtige Öl erst zu Anfang des 19. Jahrhunderts gewonnen worden zu sein.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl in einer Ausbeute von 0,1 bis 0,2% aus den weniger ansehnlichen Wurzelstöcken und aus deren Abfällen und Bruchstücken*), die man in gemahlenem Zustande der Dampfdestillation unterwirft. Die Destillation ist schwierig und zeitraubend, da die Flüssigkeit infolge des hohen Stärkemehlgehaltes der Wurzel stark schäumt.

Handel. Die Hauptausführplätze für italienische Veilchenwurzeln sind: Livorno, Verona und Triest. Ausgeführt wurden in den Jahren 1902 bis 1911 500 bis 920 t jährlich, 1923 1174 t (außergewöhnlich viel).

Beschaffenheit. Irisöl bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine gelblichweiße, ziemlich harte Masse, die stark nach Veilchenwurzeln riecht: Smp. 40 bis 50°, S. Z. 204 bis 236, E. Z. 2 bis 10.

Bestandteile[27]). Außer der völlig geruchlosen Myristinsäure, die zu etwa 85% vorhanden ist, enthält das Öl das Keton Iron $C_{13}H_{20}O_2$, das den Geruch bedingt, geringe Mengen von Myristinsäuremethylester, Ölsäure, deren Ester, Furfurol, n-Dezylalkohol und Nonylaldehyd.

Prüfung. Durch Entfernen der Myristinsäure und Bestimmen des Irons über das Phenylhydrazon. — Zur Verfälschung diente häufig ein durch Destillation von Iriswurzeln mit Zedernölen und anderen Ölen gewonnenes Produkt. — Ein Ersatzpräparat ist das von Schimmel & Co. hergestellte flüssige Irisöl, das nur die wohlriechenden Bestandteile des natürlichen Öles enthält.

Anwendung. In der Parfümerie und Seifenfabrikation.

12. Jasminöl[28]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Jasminöles ist der aus Ostindien stammende, in der Türkei, in Algerien und seit 150 Jahren in Südfrankreich kultivierte spanische Jasmin *Jasminum grandiflorum* L. In Südeuropa wird die Art durch Pfropfen auf den dort wildwachsenden *Jasminum officinale* L. verbreitet.

Geschichte. Aus Ostindien kommt seit über 100 Jahren eine Jasminpomade in den Handel. Das ätherische Öl wurde 1886 zum ersten Male im großen von der Société des parfums nationaux de Cannes gewonnen.

Gewinnung. Zur Darstellung des Jasminöles bedient man sich entweder der Extraktionsmethode mit kaltem Petroläther oder, in den meisten Fällen, des Enfleurageverfahrens (siehe A, IV, 2). Je nach der angewandten Methode betragen die Ausbeuten 0,1784% (Enfleurageverfahren), 0,0178 bis 0,077% (Extraktionsverfahren mit Petroläther) und 0,0194% (Destillation).

Handel und Statistik. Das ätherische Jasminöl bildet als solches keinen Handelsartikel, sondern kommt nur in Form von Jasminpomade oder Huile antique au jasmin oder als konkretes Jasminöl in den Handel. In Südfrankreich wurden durchschnittlich 1 200 000 kg Jasminblüten während der letzten Jahre verbraucht. Die Hauptkulturgebiete sind hier die Umgebung von Grasse, von Hyères und von Seillans. — In Gazipur wird seit alters her eine Pomade (*Chameli*) aus den Jasminblüten nach Art der Enfleurage mit geschälten Sesamsamen gewonnen.

Beschaffenheit. Je nach der Gewinnungsweise sind die Eigenschaften des ätherischen Jasminöles verschieden: d 0,920 bis 1,015, α $-1°$ bis $+4°\,15'$, E. Z. 155 bis 270.

Bestandteile des durch Enfleurage gewonnenen Öles (nach Hesse[29]): 65% Benzylazetat, 7,5% Linalylazetat, 6% Benzylalkohol, 15,5% Linalool, 2,5% Indol, 0,5% Anthranilsäuremethylester, 3% Jasmon. Ferner wurden p-Kresol und Geraniol in dem Öl beobachtet.

Prüfung. Durch Bestimmung des Benzylazetats, des Jasmons (Semicarbazon) und des Indols (Pikrat). Ein Ersatzpräparat ist das seit 1896 in den Handel gebrachte künstliche Jasminöl.

Anwendung. In der Parfümerie.

13. Kajeputöl[30]).

Abstammung. Die Stammpflanzen des Kajeputöles sind in Hinterindien, auf den Inseln der indischen Meere, im nördlichen Australien, in Queensland und in Neusüdwales heimische, bis 15 m hohe Bäume der Gattung *Melaleuca*, besonders *Melaleuca leucadendron* L. und *Melaleuca minor* Smith. Die Bäume fallen durch ihre leuchtend weiße, in Fetzen abreißende

*) Die größeren Wurzelstöcke werden in großen Mengen zu den bekannten Veilchenwurzeln verarbeitet.

Rinde auf und erinnern im Aussehen an unsere Birke.

Geschichte. Das Kajeputöl war den Eingeborenen der Molukken, Banda- und Sundainseln lange vor der Besitznahme dieser Inseln durch die Holländer im Anfang des 17. Jahrhunderts bekannt. In Deutschland wurde das Öl im 18. Jahrhundert eingeführt.

Gewinnung. Das Öl wird auf einigen Inseln der Molukken, vor allem Banda und Buru, in ziemlich primitiver Weise durch Wasserdestillation der Blätter und Zweigspitzen von den Eingeborenen gewonnen.

Handel und Statistik. Der Hauptstapelplatz ist Makassar auf Celebes. — Die Ausfuhr von Kajeputöl aus Makassar betrug in den Jahren 1905 bis 1921 381 bis 3935 Körbe (1 Korb mit 25 Flaschen zu 600 g = etwa 15 kg). Nicht inbegriffen sind die von der Insel Buru direkt nach Europa in Eisentrommeln verschifften Mengen Kajeputöl. — Aus Niederländisch-Indien wurden 1919 112 t, 1923 75 t Kajeputöl ausgeführt.

Beschaffenheit. Rohes Kajeputöl ist eine durch Kupfer grün gefärbte, rektifiziertes Öl eine farblose oder gelbliche, angenehm kampferartig riechende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: d_{15^0} 0,919 bis 0,930, α_D schwach links bis $-3^0\,40'$, $n_{D^{20^0}}$ 1,466 bis 1,471, löslich in 1 Vol. und mehr 80%igen Alkohols.

Bestandteile[31]). Cineol, α-Terpineol, l-β-Pinen, Valeraldehyd und wahrscheinlich Benzaldehyd. Neben Kupfer kommt in dem Öl häufig Chlorophyllan, oxydiertes Chlorophyllgrün, vor.

Verfälschungen. Als Verfälschungen des Kajeputöles wurden beobachtet: Kokosfett, Petroleum und Eukalyptusöl.

Anwendung. In der Medizin und der Kosmetik.

14. Kalmusöl[32]).

Abstammung. Das Öl ist in den Wurzeln, sowohl im äußeren Rinden- als auch im innern Grundgewebe des in Europa, Asien und Nordamerika verbreiteten *Acorus calamus* L. enthalten.

Geschichte. Der Kalmus, dessen Wurzeln als Gemüse und Arzneimittel schon in den Schriften des Altertums genannt wurden, soll in Deutschland erst im 16. Jahrhundert angepflanzt worden sein. Das destillierte Öl wurde Ende des 16. Jahrhunderts in der Apothekertaxe der Stadt Frankfurt und im Dispensatorium Noricum zuerst erwähnt.

Gewinnung. Aus der ungeschält getrockneten Wurzel wird das Öl in einer Ausbeute von 1,5 bis 3,5% durch Dampfdestillation gewonnen.

Sorten. Außer dem europäischen Kalmusöl hat man auch die leicht löslichen japanischen und javanischen Öle untersucht, die dem europäischen Produkt ähnlich, aber von geringerer Bedeutung sind. — In Galizien wird ein Kalmusöl von geringerer Qualität destilliert.

Beschaffenheit. Das etwas dickflüssige, gelbe bis braune Öl riecht kampferartig aromatisch, schmeckt bitterlich brennend und hat die Konstanten: d_{15^0} 0,959 bis 0,970, α_D + 9° bis + 31°, $n_{D^{20^0}}$ 1,5028 bis 1,5078, S. Z. bis zu 2,5, V. Z. 6 bis 20, E. Z. nach Actlg. 32 bis 50, mischbar in fast jedem Verhältnis mit 90%igem Alkohol.

Bestandteile[33]). Kalameon (Kalmuskampfer $C_{15}H_{26}O_2$), Smp. 128°, Asaron, Smp. 61°, Pinen, n-Heptylsäure, Palmitinsäure, Eugenol, Asarylaldehyd, zwei Kohlenwasserstoffe der Formel $C_{15}H_{22}$, ein Sesquiterpen $C_{15}H_{24}$, ein Öl von tiefblauer Farbe (Azulen ?).

Verfälschung. Es wurden beobachtet: Verfälschungen mit Glyzerinazetat, Terpineol und Kampferölfraktionen.

Anwendung. In der Medizin und der Genußmittelindustrie.

15. Kampferöl[34]).

(Siehe auch unter Kampfer, B, IV.)

Abstammung. Über die Stammpflanze (*Cinnamomum camphora* Nees et Ebermayer), Bildung und Gewinnung des eigentlichen Kampferöles siehe B, IV. Als Kampferöl des Handels wird gewöhnlich das Öl bezeichnet, welches übrig bleibt, wenn man den Kampfer von dem bei der Destillation des Kampferholzes gewonnenen Produkt abfiltriert und abdestilliert.

Sorten. Man unterscheidet in der Regel drei Sorten Kampferöl, die in ihren Bestandteilen stark voneinander ab-

weichen und nach ihrer Dichte bewertet werden.

a) Kampfer-Rohöl ist das nach der Entfernung des auskristallisierenden Kampfers zurückbleibende Öl, eine hellgelbe bis braungelbe Flüssigkeit (d 0,95 bis 0,995). Es wird in Japan in der Gegend von Osaka und Kobe fraktioniert und in Weißöl, Rotöl und Kampfer zerlegt.

b) Kampferweißöl oder weißes Kampferöl (d_{15^0} 0,87 bis 0,91) besteht aus den niedrigst siedenden Bestandteilen des Rohöles und enthält fast nur Terpene, besonders Pinen, Phellandren und Dipenten, sowie etwas Cineol und auch noch 3,7 bis 8% Kampfer.

c) Kampferrotöl oder rotes oder schwarzes Kampferöl (d_{15^0} meist von 1,0 bis 1,035) ist das höher als Kampfer siedende Öl und enthält Safrol, Phenole und Sesquiterpene, aber sehr wenig Kampfer.

Statistisches. Ausfuhr von Kampferöl aus Japan: 1914 1 366 900 Kin, 1915 2 313 300 Kin, 1918 1 370 800 Kin, 1919 1 030 600 Kin, 1920 2 342 400 Kin, 1921 805 600 Kin (1 Kin = rd. 600 g).

Bestandteile[35]). Im Kampfer-Rohöl wurden folgende Bestandteile nachgewiesen: d-α-Pinen, β-Pinen, Camphen, d-Fenchen, Phellandren (in sehr geringer Menge), d-Limonen, Dipenten, Bisabolen, Cadinen, α-Terpineol, Terpinenol-1, Borneol, Citronellol, Cuminalkohol, der Alkohol des blauen Öles, Azetaldehyd, Cineol (5 bis 6%), Kampfer, Δ^1-Menthenon-3, Carvacrol, Eugenol, Äthylguajakol, Safrol, n-Carvonsäure, Caprylsäure, inaktive Citronellsäure, Säure $C_9H_{16}O_2$.

Verwendung. Kampferweißöl und Kampferrotöl werden in Europa und in Nordamerika durch fraktionierte Destillation weiter in ihre Bestandteile zerlegt. Als Hauptprodukt wird dabei Safrol gewonnen. Als Abfallprodukte kommen in den Handel das leichte (niedrigst siedende), das schwere (hoch siedende) und das blaue Kampferöl. Das leichte Kampferöl (Sdp. 175 bis 200°, d 0,86 bis 0,900, Entflammungspunkt 45 bis 60°) wird als Ersatz für Terpentinöl in der Lackfabrikation, sowie in der Druckerei zum Reinigen von Typen, Platten und Walzen benutzt. — Das schwere Kampferöl (d_{15^0} etwa 0,95, Siedetemperatur etwa 270 bis 300°) verwendet man ebenfalls in der Lackfabrikation, ferner zum Parfümieren billiger Seifen, von Wichse und Hufschmiere, sowie zum Verdecken des strengen Geruchs von Mineralölen und Wagenfetten. — Das blaue Kampferöl (d_{15^0} etwa 0,95 bis 0,96, Siedetemperatur um 300°) dient zu ähnlichen Zwecken wie die genannten Öle.

16. Kardamomenöl[36]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Handelsöles ist die auf Ceylon kultivierte Malabar-Kardamome *Elettaria cardamomum* Maton *(var. α-minor)*, eine an der Malabarküste vorkommende stattliche, bis 5 m hoch werdende Krautpflanze, die wild 750 bis 1500 m hoch im südlichen Teil der Malabarküste in den Bergwäldern von Travancore, Madhura, Cochin, Malabar und Canara wächst.

Geschichte. Das ätherische Öl der seit alters her bekannten Kardamomen wurde zuerst im 16. Jahrhundert destilliert. Bis Ende des vorigen Jahrhunderts dienten die langen Ceylon-Kardamomen (*Elettaria cardamomum var. β* Flückiger) zur Herstellung von Kardamomenöl.

Gewinnung. Das Öl wird durch Wasserdampfdestillation der zerkleinerten Samen gewonnen, die zu 15 bis 18 Stück in den dreifächerigen Früchten enthalten sind. Die Ausbeute beträgt bei den Malabar-Kardamomen 3,5 bis 7%.

Handel. Ein großer Teil der Kardamomen wird im Lande selbst (Indien und Burma) verbraucht. Die Ausfuhr aus Indien belief sich in den Jahren 1922 auf 458 752 lbs., 1923 auf 292 682.

Beschaffenheit. Das ätherische Öl ist eine angenehm nach Kardamomen riechende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: d_{15^0} 0,923 bis 0,944, α_D + 24 bis + 41°, n_{D20^0} 1,462 bis 1,467, S. Z. bis 4,0, E. Z. 94 bis 150, löslich in 2 bis 5 Vol. 70%igen Alkohols und mehr.

Bestandteile[37]). In dem Öl wurden 5 bis 10% Cineol, ferner d-α-Terpineol, Terpinylazetat und Limonen nachgewiesen.

Verfälschungen. An Verfälschungen wurden beobachtet Kampferöl und das Öl der giftigen Samen von *Hydnocarpus Wightiana.*

Verwendung. In der Genußmittelindustrie und in der Medizin.

17. Kassiaöl [38]).

Abstammung. Das chinesische Zimtöl, auch Zimtblütenöl genannt, wird in der Hauptsache aus den Blättern des in China heimischen Kassiastrauches, *Cinnamomum cassia* Blume (*Lauraceae*), gewonnen.

Geschichte. Über den Pflanzenteil, aus dem das Öl gewonnen wird, herrschte lange Zeit Unklarheit. Erst in den neunziger Jahren wurde von O. Struckmeyer mit Sicherheit festgestellt, daß man in China zur Destillation des Öles keine Blüten oder Blütenteile, sondern fast ausschließlich die Blätter verwendet.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl in den wasserreichen Tälern der Provinzen Kwangsi und Kwangtung in besonderen Destillierapparaten, die aus einem Backsteinofen mit eingemauerter eiserner Pfanne und darüber angebrachtem, von außen gekühltem Zylinder bestehen. Das in einem Rohr abfließende Destillat wird in kaskadenförmig aufgestellten Vorlagen aufgefangen, in denen sich das schwere Öl am Boden sammelt.

Handel und Statistik. Das gewonnene Öl wird in Bleikanistern von 7,5 kg Inhalt aus den Kassiadistrikten meist nach Hongkong, dem Hauptstapelplatz gebracht. Von hier wurde über die Hälfte der überhaupt in China produzierten Menge (bis zu 1 577 000 lbs. im Jahr, nach Schätzungen) ausgeführt.

Sorten. Bei der primitiven Herstellungsmethode ist die Qualität des chinesischen Handelsöles niemals eine erstklassige. Das Rohöl wird darum in Europa rektifiziert.

Beschaffenheit. Kassiaöl ist eine gelbe bis bräunliche, stark lichtbrechende und zimtartig riechende Flüssigkeit von brennendem und intensiv süßem Geschmack. Die Konstanten sind: d_{15^0} 1,055 bis 1,070, α_D -1^0 bis $+6^0$, n_{D20^0} 1,602 bis 1,606, S. Z. bis 6 bis 15, leicht löslich in 1 bis 2 Vol. 80%igen Alkohols.

Bestandteile [39]). Zimtaldehyd (75 bis 90%), Kassiastearopten = Methylorthocumaraldehyd, Essigsäurezimtester, Essigsäure-Phenylpropylester (?), freie Zimtsäure.

Prüfung, Verfälschung, Ersatz. Zur Wertbestimmung des Öles dient in erster Linie die Ermittlung des Zimtaldehydgehaltes, die meist nach der sogenannten, von Schimmel & Co. [40]) 1890 eingeführten Bisulfitmethode erfolgt. Das Verfahren beruht darauf, daß man den in heißer konzentrierter Natriumbisulfitlösung als sulfonsaures Salz löslichen Zimtaldehyd dem Öl quantitativ entzieht und aus der absorbierten Ölmenge den Aldehydgehalt berechnet. Die Bestimmung wird am besten in einem besonderen Glaskölbchen mit langem graduierten Hals (Kassiakölbchen) ausgeführt. — Zur Verfälschung des Öles wurden früher häufig fettes Öl, Zedernholzöl, Gurjunbalsamöl, später Kolophonium und Petroleum benutzt. — Ein gutes Ersatzpräparat ist der künstliche reine Zimtaldehyd.

Anwendung. In der Medizin und Parfümerie.

18. Kassieblütenöl [41]).

Abstammung. Das Öl wird in der Hauptsache aus den Blüten von *Acacia Farnesiana* Willd., einer in Ägypten, Australien, den Hawai-Inseln, den Philippinen, in Nord- und Südamerika verbreiteten und besonders in Südfrankreich, Algerien, Syrien, Nordindien und Neukaledonien kultivierten Leguminose, gewonnen.

Gewinnung. Von den 3 bis 5 Jahre alten Kulturen werden in Südfrankreich in den Monaten September bis Dezember die Blüten gesammelt und mit heißem Fett oder häufiger mit Petroläther extrahiert. Man gewinnt auf diese Weise einen tiefdunkelbraunen, salbenartigen Auszug, der unter dem Namen »Kassieextrakt« in den Handel kommt. Das reine ätherische Öl wird selten dargestellt.

Statistik. In Frankreich wurden in den letzten 10 Jahren durchschnittlich 100 000 kg Kassieblüten jährlich geerntet.

Sorten. Neben dem aus den Blüten von *Acacia Farnesiana* gewonnenen Riechstoff kommt ein ähnlich aber weniger fein riechendes Produkt (Cassie Romain) in den Handel, das aus den Blüten der ebenfalls in Südfrankreich angebauten *Acacia cavenia* dargestellt wird.

Beschaffenheit. Das aus der Kassiepomade durch Ausschütteln mit Alkohol gewonnene und rektifizierte Produkt ist ein hellgelbes, stark nach Kassie

riechendes Öl mit den Konstanten: d_{15^0} 1,0475, $\alpha_D \pm 0^0$, n_{D20^0} 1,51331, V. Z. 176.

Bestandteile[42]) (des Riechstoffes einer indischen Pomade): 11% Salizylmethylester, ferner p-Kresol, Benzaldehyd, Benzylalkohol, Anisaldehyd, Cuminaldehyd, Farnesol, wahrscheinlich auch Geraniol und Linalool.

Anwendung. In der Parfümerie.

Kiefernadelöl

(siehe unter Fichtennadelöle, Nr. 9, d).

19. Korianderöl[43]).

Abstammung. Das Korianderöl wird durch Dampfdestillation der zerquetschten Früchte von *Coriandrum sativum* L. gewonnen.

Geschichte. Die weit und breit kultivierte Pflanze fand schon in vorchristlicher Zeit als Küchengewürz Verwendung. Seit dem 16. Jahrhundert wird das durch Destillation gewonnene Öl erwähnt.

Handel, Sorten. Zur Darstellung des Handelsöles werden in der Hauptsache mährischer, thüringischer, russischer und ungarischer Koriander, die eine Ausbeute von 0,8 bis 1,0% geben, verwendet. — Die französischen, holländischen, italienischen, marokkanischen und ostindischen Sorten enthalten weniger Öl und werden infolgedessen auch weniger auf ätherisches Öl verarbeitet.

Beschaffenheit. Das Öl ist farblos und schwach gelblich, riecht charakteristisch und schmeckt aromatisch. Die Konstanten sind d_{15^0} 0,870 bis 0,885, α_D + 8 bis + 13°, $n_{D\,20^0}$ 1,463 bis 1,476, S. Z. bis 5, E. Z. 3 bis 21, löslich in 2 bis 3 Vol. 70%igen Alkohols.

Bestandteile[44]). 60 bis 70% Koriandrol = d-Linalool, ferner i- und d-α-Pinen, β-Pinen, p-Cymol, Dipenten, α- und γ-Terpinen, wahrscheinlich Terpinolen und Phellandren, Dezylaldehyd, Geraniol, Borneol und deren Essigester.

Verfälschung. Als Verfälschungen wurden Pomeranzen- und Terpentinöl beobachtet.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie.

20. Krauseminzöl[45]).

Abstammung. Das Krauseminzöl wird von verschiedenen mit demselben Namen Krauseminze bezeichneten *Mentha*-Arten gewonnen, und zwar in Nordamerika von *Mentha spicata* Huds. *var. tenuis* Briqu., in England von *M. spicata* Huds. *var. trichoura* Briqu., in Deutschland hauptsächlich von *M. spicata* Huds. *var. crispata* Briqu., seltener von *M. longifolia* Huds. *var. undulata* Briqu., in Rußland von *M. verticillata* L. *var. strabala* Briqu.

Handel und Statistik. In großen Mengen wird das Krauseminzöl in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, vor allem in Michigan und Indiana gewonnen. In diesen Staaten waren 1913 3500 acres mit Krauseminze bebaut, die einen Ertrag von etwa 70 000 lbs. gebracht haben dürften. — In Deutschland und England ist die Erzeugung unbedeutend, in Rußland größer, aber nicht sicher bekannt.

Beschaffenheit. Das dem deutschen Öl sehr ähnliche amerikanische Öl ist eine farblose, gelbliche oder grünlichgelbe, durchdringend nach Krauseminze riechende Flüssigkeit, die beim Stehen an der Luft dicker und dunkler wird. Seine Konstanten sind: d_{15^0} 0,920 bis 0,940, α_D — 34 bis — 52°, $n_{D\,20^0}$ 1,482 bis 1,489, S. Z. bis 2, E. Z. 18 bis 36, Carvongehalt 42 bis 60%, löslich in 1 bis 1,5 Vol. 80%igen Alkohols und mehr.

Bestandteile[46]). Carvon, Pinen (?), l-Limonen, Phellandren, ein bei 160 bis 167,5° siedendes Terpen, Essigsäure, Valeriansäure, Dihydrocarveol.

Prüfung. Bestimmung des Carvongehaltes.

Anwendung. In der Medizin und Genußmittelindustrie.

21. Kümmelöl[47]).

Abstammung. Kümmelöl wird aus den Früchten der in ganz Europa und in verschiedenen Teilen Asiens wildwachsenden und vielfach, vor allem in Holland angebauten Kümmelpflanze *Carum carvi* L. gewonnen.

Geschichte. Das destillierte Kümmelöl ist zuerst Ende des 16. Jahrhunderts in verschiedenen deutschen Arzeneitaxen und im Dispensatorium Noricum erwähnt worden.

Gewinnung. Die Früchte werden zwischen rotierenden Walzen zerquetscht und sofort der Destillation unterworfen.

Je nach der Herkunft der Früchte beträgt die Ölausbeute 3,1 bis 7%. Kultivierter ostpreußischer Kümmel gab 5 bis 6%, kultivierter holländischer Kümmel 4 bis 6,4%, wilder norwegischer 5 bis 6,5% ätherisches Öl. Diese drei Sorten kommen vor allem für die Destillation in Betracht. Der ausdestillierte zerkleinerte und getrocknete Kümmel enthält 20 bis 23,5% Rohprotein und 14 bis 16% Fett und wird als Viehfutter verwendet.

Handel und Statistik. In den Jahren 1905 bis 1913 variierte die mit Kümmel bebaute Fläche in Holland zwischen 4295 und 8230 ha, die Gesamternte zwischen 98 377 und 234 247 Ballen (1 Ballen = 50 kg) und die Ausfuhr aus Holland zwischen 4298 und 8988 t Kümmelfrüchte. 1924 (1923) betrug die Anbaufläche 8980 (3727) ha. In der Hauptsache wird das Öl aus kultiviertem holländischen, in zweiter Linie aus kultiviertem ostpreußischen und wildem norwegischen Samen gewonnen.

Beschaffenheit. Kümmelöl ist eine farblose, mit der Zeit gelb werdende, mild und gewürzhaft schmeckende Flüssigkeit mit den Konstanten: d 0,907 bis 0,918, α_D + 70 bis + 80°, $n_{D20°}$ 1,484 bis 1,488, klar mischbar mit 2 bis 10 Vol. 80%-igen Alkohols. Carvongehalt 50 bis 60%. Beim Stehen an der Luft wird das Kümmelöl gelb, dickflüssiger und spezifisch schwerer.

Bestandteile[48]). 50 bis 60% Carvon, d-Limonen, Dihydrocarvon, Dihydrocarveol, Carveol, eine nicht näher untersuchte narkotisch riechende Base.

Prüfung, Verfälschung, Ersatz. Zur Prüfung dient die Carvonbestimmung nach der Sulfitmethode von Burgess[49]). — Eine häufig vorkommende Verfälschung ist die mit Alkohol. — Als Ersatzpräparat dient das Carvol = Carvon, das aus dem Kümmelöl über die Schwefelverbindung gewonnen wird.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie, Pharmazie und Seifenindustrie.

Latschenkieferöl

(siehe unter Fichtennadelöle, Nr. 9, c).

22. Lavendelöl[50]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Lavendels ist der im Mittelmeergebiet sehr verbreitete echte Lavendel, *Lavandula vera* D. C., der nach Jordan in den zwei Abarten *Lavandula fragrans* und *Lavandula delphinensis* Jord. vorkommt. Während *L. delphinensis* sich nur in den höchstgelegenen Regionen findet, ist *L. fragrans* in den niederen Höhenlagen sehr verbreitet. Ein minderwertiges Lavendelöl wird außerdem von der *Lavandula hybrida*, einer Kreuzung von *L. latifolia* und *Lavandula fragrans* gewonnen.

Geschichte. Bis Ende des 16. Jahrhunderts bezeichnete man die Destillate verschiedener Lavendelarten mit dem Namen Spiköl. Später begann man, echtes Lavendelöl und Spiköl zu unterscheiden.

Gewinnung. Das Öl wird auch heute noch zum großen Teil in Südfrankreich nach dem Wasserdestillationsverfahren (Wanderdestillation) in der Weise gewonnen, daß man das Rohmaterial zusammen mit Wasser in einer kupfernen Blase über freiem Feuer erhitzt. Dadurch, daß die Destillierapparate leicht von einer Stelle zur anderen gebracht werden können, vermeidet man einen langen Transport des Destillationsmaterials. Das Verfahren hat aber den Nachteil, daß die Destillation sehr lange dauert. Dabei wird ein Teil des Linalylazetats zersetzt, und es werden nur Öle mit einem Estergehalt bis zu 40% erhalten. Diese Nachteile werden vermieden, wenn man die Destillation mit Wasserdampf in möglichst kurzer Zeit durchführt. Nachdem ein solches Wasserdampfdestillationsverfahren im Jahre 1905 von der Firma Schimmel & Co. in Barrême zum ersten Male mit gutem Erfolge durchgeführt worden war — die so dargestellten Öle hatten einen Estergehalt von 50 bis 60% und waren sehr wertvoll — werden heute 50% aller Lavendelöle nach diesem Verfahren hergestellt.

Handel und Statistik. Das französische Lavendelöl, das für den Handel in erster Linie in Betracht kommt, wurde, einer Angabe von Lamothe aus dem Jahre 1912 zufolge, in Mengen von durchschnittlich 50 000 kg jährlich gewonnen. Nach anderer Quelle gewinnt man in Frankreich durchschnittlich 100 t Lavendelöl im Werte von 3 Millionen Fr. im Jahr.

Sorten. Die Lavendelöle werden im allgemeinen nach der Menge ihres Estergehaltes in verschiedene Klassen einge-

teilt. Das beste, esterreichste Öl (bis zu 50% Ester) liefert die in den höchstgelegenen Regionen Frankreichs vorkommende *Lavandula delphinensis* Jord. (petite lavande), während man von *Lavandula fragrans* (lavande moyenne) ein weniger feines (mit über 30% Ester) und von einem Bastard von *Lavandula latifolia* und *L. fragrans* (grosse lavande) ein minderwertiges Öl in Südfrankreich gewinnt. Das in England (Surrey, Canterbury, Hitchin, Lincolnshire) gewonnene Lavendelöl hat einen geringeren Estergehalt (5 bis 10%) und einen cineolartigen Nebengeruch. Das Öl hat ebenso wie das italienische Produkt keine große Bedeutung im Handel. Ein als spanisches Lavendelöl in den Handel kommendes Produkt verhält sich wie Spiköl und wird auch wie Spiköl bewertet.

Beschaffenheit. Französisches Lavendelöl ist eine farblose bis gelbliche oder gelblich grüne, angenehm riechende, aromatische und schwach bitter schmeckende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: d_{15^0} 0,882 bis 0,896, α_D — 3 bis — 9°, n_{D20^0} 1,460 bis 1,464, löslich in 2 bis 3 Vol. u. m. 70%igen Alkohols, bisweilen mit geringer Opaleszenz. Gehalt an Linalylazetat 30 bis 40 bis 50%.

Bestandteile[51]). l-Linalylazetat, Linalool, wenig α-Pinen, wenig Cineol, Geraniol, Ester der Essig-, Butter-, Valerian- und Capronsäure, Cumarin, Äthyl- und Amylketon, d-Borneol, Furfurol, wahrscheinlich Valeraldehyd und Caryophyllen.

Prüfung. Von großer Bedeutung ist die quantitative Verseifung und die Bestimmung des Gehaltes an Linalylazetat. — Verfälscht wurde das Öl häufig mit Terpentinöl, Zedernholzöl und Spiköl, Terpinyl- und Glyzerinazetat, sowie den Äthylestern der Bernstein-, Wein- und Zitronensäure, Phthalsäure usw. — Ein Ersatzpräparat ist das sogenannte künstliche Lavendelöl, das 30% Ester enthält.

Anwendung. In der Parfümerie und Medizin.

23. Lemongrasöl, ostindisches[52]).

Abstammung. Das ostindische Lemongrasöl stammt von *Cymbopogon flexuosus* Stapf, dem Malabar- oder Kotschingras, das im Tinnevelly-Distrikt und in Travancore sehr verbreitet ist, früher nur wild vorkam und seit einigen Jahren dort auch kultiviert wird. Die Kulturen befinden sich auf den niedrigen, den Ghats vorgelagerten Höhenzügen.

Gewinnung. Das Öl wird von den Eingeborenen kurz nach dem Einsetzen der Regenzeit, das ist Anfang Juli und in den folgenden Monaten, in primitiven, zylinderförmigen Apparaten durch Destillation der frisch eingesammelten Grasspitzen gewonnen. 750 lbs. Rohmaterial liefern im Laufe von 5 bis 6 Stunden eine Ausbeute von 1 bis 1½ Flaschen zu 22 bis 33 Unzen.

Handel und Statistik. Die Verschiffungshäfen für ostindisches Lemongras, das im südlichen Ostindien gewonnen wird, sind Kotschin, Tellicherry, Calicut und Quillon. Seit dem Jahre 1884, in dem 228 Kisten zu je 7,5 kg Öl ausgeführt wurden, ist die Ausfuhr bis 1913 ständig gestiegen (Ausfuhr 1911/12 7563 Kisten = 56 722 kg, 1922 259 182 kg).

Sorten. Außer in Ostindien hat man auf den Leeward Islands und auch auf Barbados aus echtem kultiviertem Kotschingras mit gutem Erfolg citralreiche Lemongrasöle gewonnen. — Eine andere Sorte, die sich durch geringe Löslichkeit in 70%igem Alkohol und ihren oft geringeren Citralgehalt auszeichnet, ist das sogenannte westindische Lemongrasöl (siehe Nr. 24).

Beschaffenheit. Ostindisches Lemongrasöl ist eine zitronenartig riechende und schmeckende, rötlichgelbe bis braunrote Flüssigkeit mit den Konstanten: d 0,899 bis 0,905, α_D + 1° 25′ bis — 5°, n_{D20^0} 1,483 bis 1,488, löslich in 1,5 bis 3 Vol. 70%igen Alkohols, Aldehydgehalt 70 bis 85% (Bisulfitmethode).

Bestandteile[53]). Citral als Hauptbestandteil (70 bis 85%), geringe Mengen eines dem Citral isomeren Aldehyds, von n-Dezylaldehyd und vielleicht von Citronellal, ferner Methylheptenon, Geraniol, wahrscheinlich Linalool, Dipenten und Limonen.

Prüfung. Durch Bestimmung des Gehaltes an Citral (Sulfitmethode) oder an Gesamtaldehyden (Bisulfitmethode). — Verfälschungen mit Petroleum, Kokosfett, Citronellöl, Azeton sind mitunter beobachtet worden.

Anwendung. Zur Gewinnung von Citral und in der Parfümerie.

24. Lemongrasöl, westindisches[54]).

Abstammung. Das westindische Lemongrasöl stammt von *Cymbopogon citratus* Stapf (*Sereh betoel*), das im Gegensatz zum Malabargras nur in kultiviertem Zustande, und zwar nicht nur in Westindien, sondern in den meisten tropischen Ländern, z. B. auf Ceylon, den Straits Settlements, in Nieder-Burma und Kanton, auf Java, in Afrika usw. vorkommt.

Gewinnung. Das Öl wird in größeren Mengen auf Java durch Destillation des frischen Grases mittels primitiver Vorrichtungen gewonnen. Die Ausbeute beträgt etwa 0,33%.

Handel und Statistik. Vor dem Kriege führte man jährlich 2000 bis 3000 Kisten zu 12 Quartflaschen (je 1,236 l) aus Kotschin nach Bombay und weiter nach New York, Hamburg und London aus.

Beschaffenheit. Die Konstanten des Öles sind: d_{15^0} 0,870 bis 0,912, α_D —1° bis + 0° 12′, n_{D20^0} 1,482 bis 1,489, je nach dem Alter mehr oder weniger klar löslich in 70%igem Alkohol. Citralgehalt (Bisulfitmethode) 53 bis 83%.

Bestandteile. Außer Citral sind keine anderen Bestandteile bekannt.

Prüfung. Siehe ostindisches Lemongrasöl, Nr. 23.

Anwendung. In der Seifenfabrikation und Parfümerie.

25. Limettöl[55]).

Abstammung. Das im Handel als Limettöl bezeichnete Produkt stammt von den Früchten der in Westindien kultivierten *Citrus medica* L. *var. acida* Brandis. Die ersten Anpflanzungen auf Dominika stammten vom Jahre 1850.

Gewinnung. Das Öl wird vor allem auf Montserrat und Dominika durch Pressen der angeritzten Fruchtschalen mit der Hand oder maschinell gewonnen. Ein durch Destillation hergestelltes minderwertiges Öl, das als Nebenprodukt bei der Gewinnung des Saftes erhalten wird, kommt unter dem Namen »Oil of limes« in den Handel.

Handel und Statistik. 1910 (1915, 1920) wurden aus Dominika 1018 (974, 2000) Gallonen gepreßtes und 5761 (4108, 5800) Gallonen destilliertes Limettöl ausgeführt. Seitdem hat sich die Limettindustrie weiter günstig entwickelt.

Beschaffenheit. Gepreßtes westindisches Limettöl ist eine goldgelbe, stark nach Zitronenöl riechende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: d_{15^0} 0,878 bis 0,901, α_D + 32 bis + 38°, n_{D20^0} 1,482 bis 1,486, Abdampfrückstand 10 bis 18%, trübe löslich in 4 bis 10 Vol. 90%igen Alkohols unter Abscheidung wachsartiger Bestandteile. Citralgehalt (Phenylhydrazinprobe) 6,5 bis 9%.

Bestandteile[56]). Neben Citral Bisabolen, Limettin = Citropten, ein methyliertes Dioxycumarin.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie.

26. Linaloeöl, mexikanisches[57]).

Abstammung. Das mexikanische Linaloeöl stammt von verschiedenen, in Mexiko einheimischen *Bursera*-Arten, vor allem von *Bursera pechiana* Poisson.

Gewinnung. Zur Ölgewinnung werden entweder 40 bis 60 Jahre alte Bäume oder auch junge Bäume verwendet, deren Ölgehalt man zuvor durch Einkerben der Stämme mit der Axt künstlich erhöht hat. Die Destillation des zerkleinerten Holzes erfolgt in primitiven, an Gebirgswässern im Innern Mexikos, z. B. in der Umgebung von Puebla aufgestellten Apparaten, die von den Eingeborenen, zum Teil noch wilden Indianern, bedient werden. Die Ausbeute beträgt in Mexiko 2,5% des Holzes, während in Europa nach modernen Grundsätzen destilliertes Holz 7 bis 9% Öl liefert.

Handel und Statistik. In Puebla sollen jährlich etwa 4000 bis 5000 kg Linaloeöl gewonnen werden. Das Öl wird hier in Petroleumkanistern zu 16 bis 17 kg Inhalt verpackt.

Sorten. Außer dem linksdrehenden, in Mexiko hergestellten Linaloeöl des Handels wird gelegentlich ein aus den Samen hergestelltes rechtsdrehendes Öl in den Handel gebracht. — Abweichend von dem mexikanischen Produkt verhält sich auch das in Europa gewonnene Öl.

Beschaffenheit. Das mexikanische Linaloeöl des Handels ist eine angenehm riechende, wasserhelle oder gelbliche Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 0,875 bis 0,891, α_D — 3 bis — 14°, n_{D20^0} 1,460 bis 1,465, S. Z. bis 3,0, E. Z. 1 bis 42, löslich in 1,5 bis 2 Vol. 70%igen Alkohols.

Bestandteile[58]). Linalool (60 bis 70%), d-α-Terpineol, Geraniol, Methylheptenol, Methylheptenon, Linalooloxyd, Sesquiterpen, Octylen, Nonylen, Myrcen (?).

Verfälschung, Ersatz. Als Verfälschungen sind beobachtet worden fettes Öl, Terpineol, Schiuöl (q S. 528). — Ein Ersatzpräparat ist das terpenfreie Linaloeöl bzw. das Linalool.

Anwendung. In der Parfümerie und Seifenfabrikation.

27. Linaloeöl, Cayenne[59]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Cayenne-Linaloeöles ist mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit die Lauracee *Ocotea caudata* Mez., ein in großen Wäldern in Französisch-Guayana vorkommender Baum. Das Linaloeholz heißt bei den Eingeborenen *Likari kanali*, bei den französischen Kolonisten Bois de rose mâle oder Bois de rose femelle. Ursprünglich wurde sämtliches Holz nach Europa verschifft, später verarbeitete man das meiste Holz im Lande selbst auf ätherisches Öl.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl durch Wasserdampfdestillation des zerkleinerten Holzes in einer Ausbeute von 0,6 bis 1,6%.

Handel und Statistik. Ausfuhr von Cayenne-Öl aus Französisch-Guayana: 1890 bis 1899 1384 kg, 1900 bis 1909 5369 kg, 1910 22 147 kg, 1913 44 676 kg, 1917 31 044 kg, 1918 19 276 kg, 1919 13 913 kg, 1921 60 000 kg, 1923 74 000 kg.

Beschaffenheit. Das Öl ist eine angenehm nach Linalool riechende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 0,870 bis 0,880, α_D — 10 bis — 19°, $n_{D\,20^0}$ 1,461 bis 1,463, S. Z. 1,3, E. Z. bis 6,3, Gehalt an Alkohol $C_{10}H_{18}O$ 90 bis 97%; löslich in 1,5 bis 2% u. m. 70%igen Alkohols.

Bestandteile[60]). l-Linalool über 80%, Terpineol 5%, Geraniol 1%, Methylheptenon, Nerol, Cineol, Dipenten.

Verfälschungen. Citronellal, Petroleum.

Anwendung. In der Parfümerie und Seifenfabrikation.

28. Majoranöl[61]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Majoranöles ist die Labiate *Origanum majorana*.

Gewinnung. Das Handelsöl wird zum größten Teil in Spanien durch Destillation des frischen blühenden oder auch getrockneten Krautes in einer Ausbeute von 0,3 bis 0,4% bzw. 0,7 bis 3,5% gewonnen.

Sorten. Außer dem spanischen Öl kommen mitunter Öle mit ähnlichen Eigenschaften aus Cypern oder Beirut in den Handel.

Beschaffenheit. Das Öl ist eine gelbe oder grünlichgelbe, angenehm riechende und gewürzhaft schmeckende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 0,894 bis 0,910, α_D + 15 bis + 19°, $n_{D\,20^0}$ 1,473 bis 1,476, S. Z. bis 0,8, E. Z. 10 bis 30, löslich in 1 bis 2 Vol. u. m. 80%igen Alkohols.

Bestandteile[62]). Etwa 40% Terpene, hauptsächlich Terpinen, d-α-Terpineol, Terpinenol-4 (Δ^1-Menthenol-4), freie Alkohole und wenig Ester.

Anwendung. In der Medizin und Genußmittelindustrie.

29. Nelkenöl[63]).

Abstammung. Die Stammpflanze ist die Myrtacee *Eugenia caryophyllata* Thunb., die ursprünglich auf den Philippinen einheimisch war und später in verschiedenen Ländern, vor allem auf den Inseln Sansibar und Pemba kultiviert wurde..

Geschichte. Das Nelkenöl scheint zuerst im 15. Jahrhundert destilliert worden zu sein, und zwar anfänglich mit Wein oder unter Zusatz von Weingeist.

Gewinnung. Zur Gewinnung des Öles werden nur die aus Sansibar oder Pemba stammenden Nelken oder Nelkenstiele verwendet. Die noch geschlossenen Blütenknospen werden gepflückt, sobald sie eine zart purpurrote Farbe zeigen, von den Stielen getrennt und vor den Häusern auf Matten zum Trocknen ausgebreitet. Die Sansibar-Nelken werden ganz oder zerkleinert destilliert und geben eine Ausbeute von 16 bis 19% Öl.

Handel und Statistik. Sämtliche afrikanischen Nelken werden aus Sansibar ausgeführt. Die jährliche Ausfuhr von Nelken von dort betrug: 1905 15 312 000 lbs., 1909 20 285 000 lbs., 1910 12 783 000 lbs., 1920—1922 durchschn. 8200 t.

Die Nelkenernten in Sansibar und Pemba beliefen sich in den Jahren 1903 bis 1922 durchschnittlich auf etwa 18 305 000 lbs. Im Fiskaljahr 1922/1923 wurden fast 34 370 000 lbs. geerntet, hiervon entfielen auf Pemba 24 167 500 lbs.

Sorten. Für die Destillation kommen in der Hauptsache nur ostafrikanische Nelken und Nelkenstiele in Betracht. Das Nelkenstielöl ist zwar dem Nelkenöl sehr ähnlich, aber weniger angenehm im Geruch. Die aus Amboina, Réunion oder Madagaskar stammenden Nelken geben größere Ausbeuten eines dem ostafrikanischen Produkt ähnlichen Öles.

Beschaffenheit. Frisch destilliertes Nelkenöl ist eine fast farblose bis gelbliche, stark lichtbrechende, gewürzhaft riechende und auf der Zunge stark brennende Flüssigkeit, die mit der Zeit dunkler wird. Es hat die Konstanten: d_{15^0} 1,043 bis 1,068, α_D bis $-1^0\,35'$, $n_{D\,20^0}$ 1,530 bis 1,535, löslich in 1 bis 2 Vol. 70%igen Alkohols u. m., Eugenolgehalt 78 bis 95%, ganz selten bis 98%.

Bestandteile[64]). Neben Eugenol Azeteugenol, Caryophyllen, kleine Mengen Benzoesäure- und Salizylsäuremethylester, Methyl-n-amylketon, Methylalkohol, Furfurol, Methylheptylketon, Valeraldehyd (?), Methyl-n-amylcarbinol, Furfuralkohol, Benzylalkohol, α-Methylfurfurol, Dimethylfurfurol.

Prüfung. Die Bestimmung des Eugenolgehaltes wird am besten im Kassia-Kölbchen mit 3%iger Natronlauge vorgenommen[65]). — Das Öl wurde häufig mit Gurjunbalsamöl, Kampferöl, Rizinusöl und Nelkenstielöl verfälscht. — Als Ersatz dient mitunter das Eugenol.

Anwendung. In der Parfümerie und Medizin.

30. Orangenblütenöl[66]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Orangenblüten- oder Neroliöles ist die vor allem in Südfrankreich (Departement den Philippinen heimischen und in den Orange, *Citrus bigaradia* Risso.

Geschichte. Das Öl ist seit dem 16. Jahrhundert bekannt.

Gewinnung. Das Neroliöl des Handels wird gleichzeitig mit dem Orangenblütenwasser in Südfrankreich durch Wasserdampfdestillation der frischen, sorgfältig gepflückten Blüten gewonnen. Dabei erhält man aus 1 kg Blüten 1 kg Orangenblütenwasser und etwa 0,00148 bis 0,0086 g Öl. Außerdem gewinnt man den Riechstoff der Orangenblüten, wenn auch in geringem Umfange, durch Mazeration oder durch Extraktion mit flüchtigen Lösungsmitteln (z. B. Petroläther).

Handel und Statistik. Die Haupternte der Neroliblüten, die in Südfrankreich im Mai und Juni stattfindet, liefert in guten Jahren 2,5 bis 3 Millionen kg Blüten.

Sorten. Außer in Südfrankreich hat man auch in andern Ländern (Spanien, Italien, Algerien, Paraguay, Mayotte u. a.) Neroliöle in kleinen Mengen herzustellen versucht. Diese Öle haben jedoch die Qualität der französischen Produkte nicht erreicht.

Beschaffenheit. Das Neroliöl des Handels ist eine gelbliche, am Licht braunrot werdende, angenehm riechende und bitterlich schmeckende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: d_{15^0} 0,870 bis 0,881, α_D $+1^0\,30'$ bis $+9^0\,8'$, $n_{D\,20^0}$ 1,468 bis 1,474, S. Z. bis 1,8, E. Z. 19 bis 69, Gehalt an Anthranilsäuremethylester 0,45 bis 1,1%, löslich in 1 bis 2 Vol. 80%igen Alkohols.

Bestandteile[67]). l-α-Pinen, l-Camphen, Dipenten, Dezylaldehyd, α-Terpineol, l-Linalool, l-Linalylazetat, Phenyläthylalkohol, Nerol, Geraniol, Jasmon, Neroliol, Farnesol, Paraffin, Phenylessigsäure, Benzoesäure, Spuren von Palmitinsäure und Phenol, Anthranilsäuremethylester, Indol.

Verfälschung, Ersatz. Als Verfälschungsmittel wurden Bergamottöl, Petitgrainöl (r S. 107), Pomeranzenöl, verseift oder unverseift, verwendet. — Ein Ersatzpräparat ist das künstliche Orangenblütenöl, das bereits 1895 von der Firma Schimmel & Co. unter dem Namen »Neroli« in den Handel gebracht wurde.

Anwendung. Rein oder als Extraktöl oder als Orangenblütenwasser in der Parfümerie, in der Genußmittelindustrie und in der Medizin.

31. Palmarosaöl [68]).

Abstammung. Palmarosaöl stammt aus den oberirdischen Teilen des in Ostindien weit verbreiteten Rusa- oder Geraniumgrases, *Cymbopogon Martini* Stapf *var. motia.*

Gewinnung. Das Öl wird in der Präsidentschaft Bombay, in der Provinz Berar und in den britischen Zentralprovinzen Ostindiens (vor allem Nimar) seit 80 Jahren in derselben Weise wie heute durch Wasserdampfdestillation in primitiven Apparaten gewonnen. Die Ausbeute an Öl beträgt nicht ganz 0,3 L bei einer Destillation aus einer großen Blase (200 Bündel Gras zu 300 Stengeln fassend).

Handel und Statistik. Das Öl wird vor allem aus Bombay in großen verzinnten, kupfernen Ramièren oder Töpfen von 250 lbs. netto Inhalt, die mit starken Tauen umbunden sind, nach Europa ausgeführt. Im Jahre 1903/04 betrug die Ausfuhr aus Bombay 161 590 lbs., im Jahre 1911/12 136 263 lbs., im Jahre 1912/13 81 660 lbs. 1916 wurden etwa 150 000 lbs. Palmarosaöl in Indien gewonnen.

Beschaffenheit. Palmarosaöl ist eine farblose oder hellgelbe, bisweilen von Kupfer grün gefärbte, nach Rosen riechende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 0,887 bis 0,90, α_D von + 6 bis — 3°, n_{D20^0} 1,472 bis 1,476, S. Z. 0,5 bis 3,0, E. Z. 12 bis 48, E. Z. nach Actlg. 226 bis 274, entsprechend 74,8 bis 94,8% Gesamtgeraniol, löslich in 1,5 bis 3 u. m. Teilen 70%igen Alkohols.

Bestandteile [69]). Geraniol (75 bis 95%), zu 3 bis 13% als Ester, Dipenten (1%), Farnesol und in Spuren Methylheptenon.

Prüfung, Verfälschung, Ersatz. Bestimmung des Gesamtgeraniolgehaltes. — Verfälschungen mit Gurjunbalsamöl (r S. 181), Zedernöl, Terpentinöl, Petroleum und Kokosnußöl sind öfter vorgekommen. — Ein ähnliches, wenn auch geringer bewertetes Produkt ist das Gingergrasöl (q S. 198).

Anwendung. In der Parfümerie.

32. Patschuliöl [70]).

Abstammung. Das Patschuliöl des Handels stammt von den Blättern der auf den Philippinen heimischen und in den Straits Settlements auf Pinang, Singapur und in der Provinz Wellesley kultivierten Labiate *Pogostemon patchouli* Pell.

Gewinnung. Zur Gewinnung des Öles werden die bei trockenem Wetter auf Singapur gepflückten grünen Teile der Pflanze von den Stielen und abgestorbenen Blättern befreit, im Schatten möglichst rasch unter häufigem Umwenden der Blätter fast getrocknet, dann auf Haufen geschichtet und einer geringen Gärung überlassen. Nach nochmaligem Trocknen unterwirft man die Blätter ein- bis dreimal der Dampfdestillation. Die Ausbeuten betragen in Singapur 1,5 bis 2,6%, in Europa, wo die Hauptmenge des Patschuliöles in besseren Apparaten gewonnen wird, bis 4%. Aus frischen Blättern werden bedeutend geringere Mengen an Öl als aus den getrockneten und fermentierten Blättern gewonnen.

Handel und Statistik. Die Blätter werden heute nur noch selten an Ort und Stelle destilliert, sie kommen in Ballen gepreßt in den europäischen oder amerikanischen Handel. Der Ertrag einer Monatsernte an Patschulikraut in den Straits Settlements wird auf 600 bis 700 Pikuls = 35 000 bis 40 000 kg geschätzt. Dreimal im Jahre kann man ernten.

Aus Sumatra wurden über Atjeh folgende Mengen Patschuliblätter ausgeführt: 1917 325 t, 1918 625 t, 1919 1618 t, 1921 613 t, 1922 652 t, 1923 1188 t.

Sorten. Man unterscheidet drei verschiedene Typen von Patschuliöfen: 1. In Europa aus getrocknetem Kraut gewonnene Destillate bilden die Hauptmenge des Handelsöles. 2. In Singapur destillierte Öle sind im Geruch weniger stark. 3. Javaöle, von *Pogostemon Heyneanus* Benth-Dilem stammend, haben einen noch schwächeren, fast kalmusartigen Geruch.

Beschaffenheit. Das in Europa destillierte Öl ist eine gelblich- bis dunkelbraune, sehr dicke, intensiv riechende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 0,966 bis 0,995, α_D — 50 bis — 68°, n_{D20^0} 1,507 bis 1,513, S. Z. bis 5, E. Z. 2 bis 12, meist löslich in 0,5 bis 1,5 Vol. 90%igen Alkohols.

Bestandteile [71]). Patschulialkohol $C_{15}H_{26}O$ (Smp. 56°) in größerer Menge, Benzaldehyd in Spuren, Eugenol, Zimtaldehyd, ein Alkohol, ein Keton und

zwei Basen, zwei Sesquiterpene, Cadinen (?) und Azulen.

Prüfung, Verfälschung. Bestimmung des Alkohols. — Das Kraut ist häufig grob verfälscht, z. B. mit der Labiate *Ocimum basilicum* L. *var. pilosum,* mit den Blättern von *Hyptis suaveolens* und anderen Kräutern.

Anwendung. In der Parfümerie.

33. Pfefferminzöl [72]).

Abstammung. Die in Europa und Nordamerika gewonnenen Pfefferminzöle stammen von verschiedenen Unterarten und Formen der *Mentha piperita* Huds. *var. officinalis* Sole., einer Kreuzung von *Mentha viridis* mit *M. aquatica*, die in Japan gewonnenen Öle von *Mentha canadensis var. piperascens* Briqu., nach anderen Angaben von *Mentha arvensis* DC. *var. piperascens* Holmes.

Geschichte. Auf dem Kontinent wie auch in England hat man mit der Kultur der Pfefferminze anscheinend Mitte des 18. Jahrhunderts begonnen. Im Jahre 1805 wurde das Öl in London destilliert. 1850 erreichte die englische Pfefferminzölindustrie (Mitcham) ihren Höhepunkt, wurde von da an durch die beginnende amerikanische Konkurrenz verdrängt. — Japan besitzt die älteste Pfefferminzkultur und soll Menthol seit Beginn der christlichen Zeitrechnung gewonnen haben.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl durch Wasserdampfdestillation des in der Regel getrockneten Krautes der angebauten Pflanzen. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo man die Pfefferminze (vor allem die American Mint, *Mentha piperita* L., die schwarze Minze, *M. piperita vulgaris* Sole., und weniger die weiße Minze, *M. piperita officinalis* Sole.) in großem Maßstabe auf weiten Flächen kultiviert, erfolgt die Destillation des Öles in großen Holzbottichen. Durch die Bottiche, die 2000 bis 3000 Pfd. getrocknete Pflanzen fassen und abwechselnd mit dem Kraut gefüllt werden, läßt man von unten Dampf aus einem Dampfkessel streichen, bis die Füllung erschöpft ist. Die Ausbeute an Öl betrug im Durchschnitt 0,3 bis 0,4%. — In England wird das Öl aus den zwei dort angebauten Arten, White mint = *Mentha piperita var. officinalis forma pallescens* Camus und Black mint = *Mentha piperita var. officinalis forma rubescens* Camus, in einigen Fällen durch Wasserdestillation, meist aber nach modernen Verfahren gewonnen. Die Pfefferminzölindustrie in England hat ihren Sitz in verschiedenen Grafschaften, wie Kent, Surrey, Hertfordshire, vor allem in den Mitchamdistrikten. — In Frankreich gewinnt man das Öl meist aus den englischen Pfefferminzarten, die in den Départements Alpes-Maritimes, Basses-Alpes und Vaucluse angebaut werden. — In Japan besteht eine ausgedehnte Pfefferminzölindustrie. Die dort wachsende Pfefferminze, die in verschiedenen Kulturvarietäten vorkommt und vor allem auf Hokkaido (Kitami), weniger auf Hondo angebaut wird, ist das Ergebnis zahlreicher Verbesserungen. Das geschnittene und 10 bis 30 Tage lang getrocknete Kraut wird in noch ziemlich primitiven Apparaten, die aus gußeisernen Dampfkesseln, hölzernen Bottichen und Kühlern bestehen, der Destillation unterworfen. Die Ölausbeute beträgt 1,07 bis 1,83%. Das Rohdestillat, von den Japanern »Torioroschi« genannt, läßt man mehrere Tage in einer Kältemischung stehen, wobei sich 40 bis 50% Menthol abscheiden. — Man unterscheidet im Handel das normale Öl, eine feste, ölgetränkte Kristallmasse (Unseparated), das Rohmenthol (Crystals) und das entmentholisierte flüssige Öl (Oil).

Sorten. Die hauptsächlichsten Pfefferminzsorten sind: Amerikanische Öle (H. G. Hotchkiss [HGH], F. S. & Co., [rektifiziertes Öl] und A. M. Todd), englisches Öl, gewöhnlich als Mitchamöl bezeichnet, deutsches Öl (Miltitz i. Sa. und Gnadenfrei i. Schl.) zeichnet sich durch seine besondere Güte aus, wird aber, ebenso wie das französische, italienische und russische Öl, nur in beschränktem Maße gewonnen, japanisches Öl (normales und entmentholisiertes, siehe oben).

Statistisches. — Nordamerika. Der Sitz der Pfefferminzölproduktion ist in Michigan und Indiana. Die Anbaufläche betrug in Michigan 1915 10434 acres und in Indiana 12158 acres. Die Ölproduktion belief sich in den Fiskaljahren (1. VII. bis 30. VI.) 1899/1900 auf 120550 Pfd. im Werte von 188509 $, 1904/05 auf 130022 Pfd. im Werte von 470037 $, 1909/10 auf 305781 Pfd. im Werte von

519 079 $, 1914 auf 354 991 Pfd. im Werte von 601 617 $, 1919 auf 237 233 Pfd. im Werte von 1 276 136 $, 1921 auf 152 134 Pfd. im Werte von 368 353 $.

Ausgeführt wurden 1891 45 321 lbs. Öl (120 831 $), 1901 60 166 lbs. (63 672 $), 1913 144 663 lbs. (395 551 $), 1921 50 425 lbs. (286 624 $), 1922 154 344 lbs. (314 643 $), 1923 123 212 lbs. (366 273 $), 1924 176 820 lbs. (846 528 $).

Frankreich und Italien. Eine Zunahme der Pfefferminzkulturen ist zu bemerken.

Japan. In Japan bestehen Pfefferminzkulturen in erster Linie auf Hokkaido (Provinz Kitami), ferner auf Hondo. Die erzeugte Ölmenge betrug nach Schätzungen 1909 135 000 Kin, 1913 850 000 Kin, 1924 641 220 Kin*).

Ausfuhr an Menthol

1890	27 219	Kin =	71 433	Yen **)
1900	30 485	„ =	172 501	„
1903	76 851	„ =	804 401	„
1909	102 411	„ =	490 525	„
1912	133 600	„ =	1 589 729	„
1916	386 500	„ =	2 410 600	„
1919	239 973	„ =	2 546 898	„
1920	363 400	„ =	5 417 000	„
1921	229 900	„ =	2 172 480	„
1922	246 800	„ =	3 322 906	„
1923	166 900	„		

Ausfuhr an Pfefferminzöl

1880	3 726	Kin =	5 232	Yen
1890	29 362	„ =	42 883	„
1900	20 836	„ =	50 971	„
1903	77 024	„ =	277 617	„
1909	151 801	„ =	466 657	„
1912	185 700	„ =	694 700	„
1916	360 700	„ =	844 500	„
1919	409 199	„ =	1 307 113	„
1920	321 300	„ =	1 848 000	„
1921	245 400	„ =	558 413	„
1922	239 300	„ =	758 413	„

Beschaffenheit. Die einzelnen Pfefferminzölsorten weichen in ihren Eigenschaften, insbesondere im Geruch und Geschmack, oft erheblich voneinander ab. Die Öle sind farblose, gelbliche oder grüngelb gefärbte, angenehm erfrischend riechende und kühlend schmeckende Flüssigkeiten. Mit dem Alter werden sie dunkler und dicker. Die Konstanten des amerikanischen Öles sind: $d_{15°}$ 0,900 bis 0,915, α_D — 18 bis — 34°, $n_{D20°}$ 1,460 bis 1,463, Estermenthol 5 bis 9%, Gesamtmenthol 48 bis 63%, Menthon 9 bis 16%, selten bis 25%, löslich in 2,5 bis 5 Vol. 70%igen Alkohols. Die Konstanten des normalen japanischen Öles sind: $d_{24°}$ 0,895 bis 0,902, Erstp. + 17 bis + 28°, α_D — 29 bis — 42°, $n_{D20°}$ 1,460 bis 1,462, S. Z. bis 2, Estermenthol 3 bis 6%, Gesamtmenthol 69 bis 91%, Menthon 21,5%, löslich in 2,5 bis 3 Vol. u. m. 70%igen Alkohols. — Das japanische Öl ist wegen seines bitteren Geschmacks nicht für alle Zwecke verwendbar.

Bestandteile[73]). Im amerikanischen Öl wurden nachgewiesen: Azetaldehyd, Isovaleraldehyd, freie Essigsäure, freie Isovaleriansäure, α-Pinen, Phellandren, Cineol, l-Limonen, Menthon, Menthol, Menthylazetat, Menthylisovalerianat, Cadinen, Amylalkohol, Dimethylsulfid. — Das japanische Öl enthält unter anderem auch Neomenthol (ein Isomeres des l-Menthols) und Δ^1-Menthenon.

Prüfung, Verfälschung, Ersatz. Bestimmung des freien und veresterten Menthols und des Menthons. — Als Verfälschungsmittel wurden gefunden Glyzerinazetate, Copaivabalsam, Zedernholzöl, Petroleum, Kampferöl. — Ein guter Ersatz für die amerikanischen und englischen Öle ist das 1914 eingeführte Pfefferminzöl, rektifiziert Miltitz.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie und in der Medizin.

34. Pomeranzenschalenöl, süßes[73a]).

Abstammung. Von *Citrus aurantium* L. *subspec. sinensis* (Gall.) (*Rutaceae*). Der Baum wird in Sizilien und Kalabrien, ferner auch in Westindien und Kalifornien kultiviert.

Gewinnung. In Italien durch Auspressen der Schalen mit der Hand (vgl. Zitronenöl), in Westindien nach einem maschinellen Verfahren durch Pressen und Destillation im Vakuum, in Kalifornien durch Extraktion mit einem flüchtigen Lösungsmittel.

Statistisches. Ausfuhr von Pomeranzenöl aus Italien: 1919 103 913 kg, 1920 70 734 kg; aus Messina: 1921 63 500 kg, 1922 96 106 kg, 1923 67 863 kg, 1924 98 419 kg.

Sorten. Die beste Sorte ist das italienische handgepreßte Öl.

Eigenschaften. Pomeranzenöl ist eine gelbe bis gelbbraune, nach Apfel-

*) 1 Kin = 601 g.
**) 1 Yen = 2,09 Goldmark.

sinen riechende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 0,848 bis 0,853, $\alpha_{D\,20^0}$ + 95° 30′ bis + 98°, n_{D20^0} 1,473 bis 1,475, in 90%-igem Alkohol meist nicht klar löslich (7 bis 8 Vol.), Abdampfrückstand 1,5 bis 4,2%.

Bestandteile[73b]). d-Limonen (90%), n-Dezylaldehyd, d-Linalool, n-Nonylalkohol, d-Terpineol, n-Caprylsäure und Anthranilsäuremethylester.

Prüfung. Bestimmung der physikalischen Konstanten und des Gehaltes an Dezylaldehyd (normal sind 1,3 bis 2,7%).

Verfälschung. Terpentinöl.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie.

35. Rosenöl[74]).

Abstammung. Die Stammpflanze des bulgarischen Rosenöles ist die in Bulgarien kultivierte *Rosa damascena* Mill., wahrscheinlich ein Bastard der *Rosa gallica* und der *Rosa canina*. Die in Südfrankreich angebaute *Rosa centifolia* L. dient in der Hauptsache zur Gewinnung von Rosenwasser und Rosenpomade.

Geschichte. Unter der Bezeichnung Rosenöl wurden schon im frühesten Altertum mit Rosenduft gesättigte fette Öle erwähnt. Rosenwasser war im 8. und 9. Jahrhundert ein bedeutender, bis China und Indien verbreiteter Handelsartikel. Echtes Rosenöl wurde im Mittelalter in Persien und seit dem 17. Jahrhundert in Bulgarien gewonnen. Im 19. Jahrhundert blühte die Rosenölindustrie vor allem in Bulgarien auf.

Gewinnung. Zur Gewinnung des Rosenöles kultiviert man die Rosen besonders im südlichen Bulgarien, im Tale von Kezanlik und von Karlovo. Eine gute Anpflanzung liefert bis 4000 kg Rosenblüten pro ha, die Ende Mai bis Juni gepflückt werden. Das Öl wird zum Teil noch in primitiven Apparaten (kupfernen Blasen von 110 L Inhalt) über freiem Feuer, zum Teil nach modernerem Verfahren der Wasserdestillation gewonnen. Die Ausbeute an Öl dürfte 0,02% kaum übersteigen. In geringeren Mengen gewinnt man das Rosenöl auch durch Extraktion mit Fetten (Rosenpomade) oder Petroläther in Frankreich und Beirut.

Handel und Statistik. Für den Welthandel kommt fast nur das bulgarische Rosenöl in Betracht. In den Jahren 1897 bis 1912 nahm die Rosenölproduktion in Bulgarien einen großen Aufschwung. Es wurden damals 3600 bis 5000 kg Rosenöl jährlich gewonnen. In den darauffolgenden Jahren ging die erzeugte Menge Rosenöl sehr zurück. Sie belief sich 1917 auf 2410 kg, 1918 auf 1840 kg, 1919 auf 1600 kg, 1920 auf 1200 kg, 1921 auf 1400 kg, 1922 auf 2060 kg, 1923 auf 1150 kg. In früheren Jahren war das in den Handel gelangende bulgarische Rosenöl stets verfälscht (mit Palmarosa-, Gurjunbalsamöl oder Spiritus). Seit 1922 garantiert die bulgarische Landwirtschaftsbank für die Reinheit des Öles. — In der Türkei wurden in den letzten Jahren vor dem Kriege jährlich etwa 1000 kg unverfälschtes Rosenöl neben Rosenwasser gewonnen. Die Anbaufläche betrug dort 6000 ha. — Kleine Mengen von Rosenöl stellt man auch in Deutschland, Frankreich, Algerien, Marokko, Italien und Indien her. Das mit besonderer Sorgfalt gewonnene deutsche Rosenöl ist dem bulgarischen im Geruch bedeutend überlegen, wird jetzt aber fast nur noch in Form von Rosenproduktion (Parfüms) in den Handel gebracht.

Beschaffenheit. Das hellgelbe, manchmal grünliche bulgarische Rosenöl des Handels hat bei 21 bis 25° die Konsistenz des fetten Mandelöles, einen starken Geruch nach frischen Rosen und einen scharfen balsamischen Geschmack. Bei 18 bis 21° scheiden sich aus dem Öl spießige Kristalle ab, bei stärkerer Abkühlung erstarrt das Öl zu einer durchscheinenden weichen Masse. Die Konstanten sind: $d_{\frac{20^0}{15^0}}$ 0,856 bis 0,870, α_D — 1 bis — 4°, n_{D20^0} 1,452 bis 1,464, Erstp. zwischen + 18 und + 23,5°, S. Z. 0,5 bis 3,0, E. Z. bis 16, Gesamtgeraniolgehalt 66 bis 75%, Citronellolgehalt 24 bis 37%, Stearoptengehalt 17 bis 21%, mit 90%igem Alkohol nur trübe Mischungen. — Das deutsche, grünlich aussehende und stärker riechende Rosenöl hat die Konstanten: d_{30^0} 0,8438, α_D — 0° 44′, n_{D20^0} 1,45811, Erstp. + 29°, S. Z. 2,3, E. Z. 4,5. Gesamtgeraniol 60,4%, Citronellol 17%, Stearopten 28,5%.

Bestandteile[75]). In der Hauptsache Geraniol, ferner Citronellol, Phenyläthylalkohol, l-Linalool, Nonylaldehyd, Citral in Spuren, Eugenol, Nerol, mehrere homologe Paraffine der Reihe C_nH_{2n}.

Prüfung, Verfälschung. Gröbere Verfälschungen sind mit Hilfe der physikalischen Konstanten nachzuweisen. Das Öl wird außer mit Palmarosaöl, Gurjunbalsamöl mit Nonyl- und Dezylaldehyd, Spiritus usw. verfälscht.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie und in der Parfümerie.

36. Salbeiöl [76]).

Abstammung. Von *Salvia officinalis* L., einer in den nördlichen Mittelmeerländern einheimischen und vielfach kultivierten Labiate.

Geschichte. Das destillierte Salbeiöl wurde zuerst Ende des 16. Jahrhunderts in deutschen Arzneitaxen erwähnt.

Gewinnung. Das Öl wird vor allem in Dalmatien durch Dampfdestillation des getrockneten Krautes der dort wildwachsenden Pflanze in einer Ausbeute von 1,3 bis 2,5% gewonnen.

Sorten. Außer dem gewöhnlichen Dalmatiner Öl kommt seit einer Reihe von Jahren ein spanisches Salbeiöl in den Handel. Dieses Öl stammt nach Dorronsoro von der hauptsächlich in Andalusien verbreiteten *Salvia lavandulaefolia* Vahl. — Das sogenannte Muskateller Salbeiöl wird in kleinen Mengen von der in Deutschland (Miltitz) und Südfrankreich kultivierten *Salvia sclarea* L. gewonnen.

Beschaffenheit. Das Dalmatiner Öl ist eine gelbliche oder gelblich grüne Flüssigkeit, deren Geruch an Rainfarn und Kampfer erinnert. Die Konstanten des Öles sind: d_{15^0} 0,915 bis 0,930, α_D + 2° 5′ bis + 25°, $n_{D\,20^0}$ 1,458 bis 1,468, S. Z. bis 2, E. Z. 6 bis 17, E. Z. nach Aztlg. 40 bis 60, löslich in 1 bis 2 Vol. u. m. 80%igen Alkohols. Die spezifischen Gewichte ändern sich mit der Jahreszeit, in der das Kraut gewonnen wurde, und der Beschaffenheit des Destillationsmateriales. — Das spanische Öl hat einen vom Dalmatiner Öl etwas abweichenden, dem Rosmarinöl verwandten Geruch.

Bestandteile [77]). Salven (wahrscheinlich ein Dihydrotanazeten), d-α-Pinen, Cineol, d-β-Thujon, l-α-Thujon (bis zu 50%), Borneol und d-Kampfer.

Anwendung. In der Medizin.

37. Sandelholzöl, ostindisches [78]).

Abstammung. Von *Santalum album* L., einem in den Gebirgen Indiens einheimischen und im südöstlichen Asien wild oder kultiviert vorkommenden, 6 bis 10 m hohen Wurzelparasiten.

Gewinnung. In Europa wird das Öl durch Dampfdestillation des gut zerkleinerten, meist aus Maisur stammenden Wurzel- und Stammholzes in einer Ausbeute bis über 6% gewonnen. Bis 1860 bestand eine Sandelholzölindustrie auch in Maisur, wo man nach einem unrationellen Verfahren in primitiven Apparaten ein minderwertiges Produkt gewann. Heute bestehen in Maisur einige moderne Anlagen zur Destillation des Öles.

Statistik. Ausfuhr von Sandelholz und Sandelöl aus Britisch-Ostindien.

	Wert des Sandelholzes			
1913/14	128 626 £		1920	118 438 lbs.
1914/15	35 918 „		1921	55 641 „
1915/16	103 705 „		1922	115 028 „
1916/17	130 351 „		1923	149 630 „
1917/18	52 347 „			
1918/19	10 529 „			

Sorten. Neben dem ostindischen Sandelholzöl kommt das von der Santalacee *Fusanus spicatus* R. Br. stammende westaustralische Sandelholzöl in den Handel. Letzteres hat einen unangenehmen Geruch und eine andere Zusammensetzung als das orstindische Öl und kann nur als sehr minderwertiges Ersatzpräparat für dieses gelten. Das sogenannte westindische Sandelholzöl wird aus dem Holze der in Venezuela vorkommenden Rutacee *Amyris balsamifera* L. gewonnen.

Beschaffenheit. Das ostindische Sandelholzöl ist eine ziemlich dicke, blaßgelbe bis gelbe, eigentümlich riechende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 0,974 bis 0,985, α_D — 16 bis — 20° 40′, $n_{D\,20^0}$ 1,504 bis 1,508, S. Z. 0,5 bis 8,0, E. Z. 3 bis 17, E. Z. nach Aztlg. nicht unter 196, Santalolgehalt 90 bis 94%, löslich in 3 bis 5 Vol. 70%igen Alkohols, bei weiterem Zusatz von Alkohol keine Trübung.

Bestandteile [79]). Über 90% α- und β-Santalol, ferner Isovaleraldehyd, Santen, einen Kohlenwasserstoff $C_{11}H_{18}$, Santenon, Santenonalkohol, Teresantalol, Nortrizykloeksantalal, Santalon, ein Keton $C_{11}H_{16}O$, α- und β-Santalen, Santalal, Teresantalsäure, Santalsäure, Phenole und Laktone.

Prüfung. Feststellung der physikalischen Konstanten und des Santalolge-

haltes mittels Essigsäureanhydrid und Verseifen. — Ein Ersatzpräparat ist das Santalol.

Anwendung. Vor allem in der Medizin, ferner in der Parfümerie und Kosmetik.

38. Sassafrasöl [80]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Sassafrasöles ist die Lauracee *Sassafras officinale Nees*, ein in Nordamerika (von Kanada bis Florida und Albama, westwärts bis Kansas und im nördlichen Mexiko) sehr verbreiteter, oft bis 15 m hoher Baum.

Geschichte. Das Sassafrasöl gehört nächst dem Terpentinöl zu den in Amerika zuerst, wahrscheinlich Anfang des 19. Jahrhunderts, destillierten Ölen. Die Wurzelrinde war wegen ihres angenehmen Aromas bei den Eingeborenen seit alters her im Gebrauch. In Deutschland wurde das Öl im 17. Jahrhundert gewonnen und beschrieben.

Gewinnung. Das Öl wurde bis in die neuere Zeit in primitiver Weise durch Destillation des zerkleinerten Wurzelholzes erhalten, und zwar hauptsächlich in den Staaten Pennsylvania, Maryland und Virginia. Später verbesserte man die Destillationsmethoden und gewann das Öl auch in den Staaten New Jersey, New York, Ohio, Indiana, Tennessee, Kentucky und Neuengland. Jetzt ist die Produktion auf Carrol County, Tennessee, beschränkt.

Handel. Der Weltbedarf an Sassafrasöl wird auf 90 000 lbs. geschätzt. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika werden jährlich im Durchschnitt gegen 85 000 lbs. Sassafrasöl gewonnen.

Beschaffenheit. Das Öl ist eine gelbe oder rötlich gelbe, nach Safrol riechende und aromatisch schmeckende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 1,070 bis 1,080, α_D + 2 bis + 4°, n_{D20^0} um 1,530, S. Z. 0, E. Z. 1 bis 5, löslich in 1 bis 2 Vol. 90%igen Alkohols.

Bestandteile [81]). 80% Safrol, 10% Pinen und Phellandren, 6,8% d-Kampfer, 0,5% Eugenol, 3% Sesquiterpen und hochsiedende Anteile.

Prüfung, Verfälschung, Ersatz. Sassafrasöl wird in Amerika häufig mit Kampferöl verfälscht, das sämtliche Bestandteile des Sassafrasöles enthält und darum schwer nachzuweisen ist. — Als Ersatz dienen mitunter Kampferölfraktionen von einem dem Sassafrasöl entsprechenden spezifischen Gewicht (Artificial Sassafras Oil).

Anwendung. In der Parfümerie und zur Gewinnung von Safrol.

39. Senföl [82]).

Abstammung. Das Senföl wird aus den Samen verschiedener *Brassica*-Arten, vor allem *Brassica nigra* Koch (*Sinapis nigra* L.) und *Brassica juncea* Hooker fil. et Thomson (*Sinapis juncea* L.) gewonnen, die in Holland, Apulien und der Levante einerseits und in Sarepta, Saratow, Ostindien und Nordamerika anderseits angebaut werden.

Geschichte. Während die Senfsamen bereits im Altertum bekannt und geschätzt waren, wurde das ätherische Senföl erst 1732 von Boerhave gewonnen.

Gewinnung. Zur Gewinnung des ätherischen Öles werden die gemahlenen, vom fetten Öle befreiten Senfsamen mit lauwarmem Wasser eine Zeitlang der Gärung überlassen und hierauf der Wasserdampfdestillation unterworfen. Die Ausbeute an ätherischem Öl beträgt 0,5 bis über 1,0%. Während der Gärung wird das Glukosid der Senfsamen, Sinigrin, unter der Einwirkung des im Samen vorhandenen Fermentes Myrosin in Senföl (Isothiozyanallyl), Rechtstraubenzucker und Kaliumbisulfat gespalten. Außerdem finden noch Nebenreaktionen statt, welche die Gegenwart von Zyanallyl und Schwefelkohlenstoff im Senföl bedingen.

Handel. Deutschland führte 1908 5842 Millionen kg, 1909 5960 Mill. kg schwarze und weiße Senfsamen ein. Hiervon stammte die Hälfte aus Rußland, 0,75 bis 1 Mill. kg aus Holland, Italien und Indien. Die Ausfuhr von Senfsamen aus Indien (Bombay) belief sich 1913/14 auf 5104 t und 1918 auf 1888 t.

Beschaffenheit. Das Öl ist eine dünnflüssige, farblose bis gelbe, stark lichtbrechende Flüssigkeit, deren Geruch die Augen zu Tränen reizt. Die Konstanten sind: d 1,014 bis 1,022, n_{D20^0} 1,5268 bis 1,5280, löslich in 160 bis 300 Vol. Wasser und in 7 bis 10 Vol. 70%igen Alko-

hols. Am Licht färbt sich das Senföl allmählich rötlichbraun und scheidet einen schmutzig orangegelben Körper (Allylaminsulfat, Pseudosulfozyan in der Hauptsache) ab.

Bestandteile. Das natürliche Senföl besteht außer aus geringen Mengen Schwefelkohlenstoff, Allylzyanid und vielleicht Rhodanallyl fast ganz aus Isothiozyanallyl.

Prüfung, Ersatz. Bestimmung des mit Ammoniak entstehenden Thiosinamins. — Ersatzpräparat ist das künstliche Senföl, das von dem natürlichen kaum zu unterscheiden ist.

Anwendung. In der Medizin und Genußmittelindustrie.

40. Sternanisöl [83]).

Abstammung. Das Öl ist in den Früchten des immergrünen Sternanisbaumes *Illicium verum* Hooker f. (*Magnoliaceae*) enthalten, der zur Gewinnung der Früchte vornehmlich in den südöstlichen Provinzen Chinas und den angrenzenden Teilen Tongkins angebaut wird.

Geschichte. Die aromatischen Früchte des Sternanisbaumes sind seit alters her bekannt. Ende des 16. Jahrhunderts gelangten sie nach Europa und im 18. Jahrhundert bereits wurde das ätherische Öl daraus hergestellt.

Gewinnung. Das Öl wird in Tongkin und in den chinesischen Provinzen Kwangtung und Kwangsi durch Wasserdestillation (siehe A, IV, 1, a) der frischen Früchte in primitiven Apparaten gewonnen. Die Ausbeute beträgt 3 bis 3,5%, bzw. nach anderen Quellen 1,56 bis 1,75%.

Sorten. Das aus Tongkin stammende Öl wird wegen seines höheren Erstarrungspunktes dem chinesischen vorgezogen.

Handel. In den chinesischen Bezirken werden schätzungsweise 2000 Pikuls, in Tongkin 600 bis 800 Pikuls Sternanisöl im Jahr gewonnen. Die Ausfuhr von Tongkin-Sternanisöl betrug 1908 29 000 kg, 1913 230 000 kg, 1919 91 750 kg, 1921 21 300 kg, 1922 58 600 kg, 1923 83 250 kg. Über Hongkong wurden 1922 200 t, 1923 260 t Sternanisöl (chinesisches und tongkinsches) ausgeführt.

Beschaffenheit. Das Öl ist eine farblose oder gelbliche, stark lichtbrechende, in der Kälte erstarrende Flüssigkeit, die nach Anis riecht und süß schmeckt. Die Konstanten sind: d_{20^0} 0,98 bis 0,99, α_D schwach links bis -2^0, in einigen Fällen schwach rechts, n_{D20^0} 1,553 bis 1,556, Erstp. $+15$ bis $+18^0$, ausnahmsweise bis herunter zu $+14^0$, löslich in 1,5 bis 3 Vol. u. m. 90%igen Alkohols. Öl, das viel mit der Luft in Berührung kommt, verliert die Fähigkeit, zu erstarren (Umwandlung des Anethols in Anisaldehyd und Anissäure).

Bestandteile [84]). Anethol über 85 bis 90%, ferner d-α-Pinen, Phellandren, p-Cymol, Cineol, Dipenten, l-Limonen, α-Terpineol, Methylchavicol, Hydrochinonäthyläther, Safrol, Anisketon, Sesquiterpen.

Prüfung, Verfälschung. Bestimmung der physikalischen Konstanten, insbesondere des Erstarrungspunktes. — Verfälschungen wurden beobachtet mit fetten Ölen und mit Mineralölen.

Anwendung. Zur Darstellung von Anethol und in der Genußmittelindustrie.

41. Terpentinöl [85]).

a) Die eigentlichen Terpentinöle.

Abstammung. Die Stammpflanzen der eigentlichen Terpentinöle sind verschiedene *Pinus*-Arten: In Nordamerika vor allem *Pinus palustris* Mill., ferner *Pinus heterophylla* Sudw., *Pinus echinata* Mill., in Frankreich und Spanien *Pinus pinaster* Sol., in Österreich *Pinus laricio* Poir., in Griechenland, Spanien und Algerien *Pinus halepensis* Mill., in Rußland vor allem *Pinus silvestris* L., in Indien *Pinus longifolia* Roxb.; in wenigen Fällen auch *Abies-*, *Picea-* oder *Larix*-Arten.

Geschichte. Terpentinöle, das heißt durch Destillation von Terpentin verschiedener Abietineen gewonnene Produkte, waren schon im Altertum bekannt und im Gebrauch. In Nordamerika (Nord-Karolina und Virginien) und in Frankreich hat man in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts begonnen, Terpentinöl zu destillieren.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl in den Hauptproduktionsländern Amerika und Frankreich durch Erhitzen des Terpentins in einer Kupferblase über freiem Feuer unter Zugabe von Wasser. In eini-

gen Fällen finden, vor allem in Frankreich, auch moderne und ein besseres Öl liefernde Verfahren (Erhitzen mit direktem oder indirektem gespanntem Dampf usw.) Anwendung. Die Ausbeute (auf Terpentin bezogen) beträgt etwa 20% Öl und 70% Kolophonium.

Handel. Produktionsländer für Terpentinöl sind die Vereinigten Staaten von Nordamerika, Frankreich, Spanien, neuerdings auch Indien. Die in Österreich, Griechenland, Algerien und Mexiko gewonnenen Öle kommen für den Welthandel kaum in Betracht.

Produktion und Ausfuhr von Terpentinöl in den Vereinigten Staaten von Nordamerika

Produktion

1905	613 000 Faß*)	= 15 170 000 $
1910	555 000 „	= 17 680 000 „
1919	366 000 „	
1921	24 328 854 Gall.	
1922	22 394 137 „	

Ausfuhr

1905	15 894 913 Gall.	= 8 902 101 $
1910	14 252 321 „	= 9 627 428 „
1921	3 656 250 „	
1923	11 478 459 „	= 12 303 809 „
1924	11 510 154 „	= 10 105 015 „

Frankreich

Ausfuhr		Produktion	
1897	1 412 t	1913	25 000 t
1905	12 214 t	1916	17 000 t
1910	10 954 t	1919	25 000 t
		1920	35 000 t (geschätzt)
		1921	31 000 t
		1922	32 000 t

Produktion in Spanien

1906	1909	1910	1915	1919	1920/21
3982 t	4210 t	4728 t	4331 t	3648 t	7 790 000 l

1922/1923	1923/1924
3046 t	3154 t

Produktion in Indien

1913 etwa 3 632 000 l, 1919 156 000 Gall., 1922 etwa 6091 t, 1923 260 000 Gall.

Sorten. Das wichtigste Terpentinöl des Handels ist das amerikanische. An zweiter und dritter Stelle kommen das auch durch seine gute Qualität ausgezeichnete französische und das spanische Öl.

Beschaffenheit. Frisch destilliertes Terpentinöl ist eine farblose, leicht flüchtige und kolophoniumartig riechende (amerikanisches) oder mehr an Wacholder erinnernde (französisches) Flüssigkeit mit folgenden Durchschnittskonstanten: d_{15^0} 0,858 bis 0,877, α_D — 33° bis + 41° (französische und spanische Öle drehen stark links, griechische und algerische stark rechts, amerikanische mehr rechts als links, aber weniger stark als die genannten Sorten), n_{D15^0} etwa 1,470, löslich in verdünntem Alkohol, Siedebeginn etwas unter 155°, 75 bis 80% sieden zwischen 155 und 162°. Beim Verdunsten verharzt ein Teil der Terpentinöle, und es bleibt eine zunächst klebrige, später spröde werdende Masse zurück.

Bestandteile[86]). α-Pinen in überwiegender Menge, denen bisweilen β-Pinen und andere Terpene, wie Camphen, Fenchen und sauerstoffhaltige Bestandteile (Ameisen-, Essig- und Harzsäuren) beigemengt sind. — Im indischen Terpentinöl wurde das bizyklische Terpen d-Caren und das Sesquiterpen d-Longifolen nachgewiesen.

Prüfung, Verfälschung. Zur Prüfung dienen neben den üblichen physikalischen Methoden die Bestimmung der Jod- und Bromabsorption, des Entflammungspunktes (Verfälschung mit Petroleum) und verschiedene Spezialverfahren, wie das Salpetersäureverfahren, das Schwefelsäureverfahren, das Merkuroazetatverfahren von Marcusson, Herzfeld, Grimaldi u. a. — Verfälschungen wurde beobachtet mit Petroleum, Kienöl, Harzgeist usw.

Anwendung. In der Lack-, Firnis- und Farbenindustrie und in der Medizin.

b) Holzterpentinöl[87]).

Abstammung. Von verschiedenen in Amerika vorkommenden *Pinus*-Arten (Yellow pine, *Pinus palustris* Mill., *P. cubensis* Grisebach, *P. mitis* Michaux und andere) neben Norway pine und der Douglasfichte. In geringen Mengen von *Pinus silvestris* L. (Deutschland und Wolhynien).

Gewinnung. Das Öl wird durch Dampfdestillation — in verschiedenen Modifikationen — des gemahlenen Wurzel- und Stockholzes gewonnen. Durch mehrmaliges Fraktionieren zerlegt man das gewonnene Öl in leichtes (etwa 70%) und schweres Holzterpentinöl. Die Gesamtausbeute beträgt etwa 12 bis 15 bis 25 Gallonen pro cord (8 mal 4 mal 4 Fuß Holz).

*) 1 Faß (Barrel) = 50 Gall. = etwa 190 L.

Statistisches. Produktion von Holzterpentinöl in den Vereinigten Staaten von Nordamerika: 1921/22 441 766 Gall., 1922/23 1 858 698 Gall. Auch in Deutschland und in Wolhynien wird seit einiger Zeit Stubbenholz zur Terpentinölgewinnung verwendet.

Sorten. Je nachdem die leichter oder höher siedenden Anteile überwiegen, unterscheidet man hauptsächlich leichtes (Wood spirits of turpentine) und schweres Holzterpentinöl (White and Yellow pine oil).

Beschaffenheit des leichten Öles. $d_{\frac{15,5^0}{15,5^0}}$ 0,865 bis 0,867, anfänglicher Siedepunkt 154°, unter 170° siedende Bestandteile 90,5%, Rückstand 1%, $n_{D15,5^0}$ 1,469, Entflammungspunkt (Abel cup) 34°, Geruch weniger angenehm und süßlicher als der des frisch destillierten Terpentinöles.

Beschaffenheit eines schweren Öles. $d_{15,5}$ 0,935, Sdp. 180 bis 225°, $n_{15,5^0}$ 1,479. Rückstand 3 %.

Bestandteile[88]). (Yellow pine oil): l-α-Terpineol, α- und β-Pinen, Camphen, γ-Terpinen, Cineol, i-Fenchylalkohol, Kampfer, l- Borneol und Methylchavicol.

Anwendung. An Stelle von Terpentinöl, z. B. zur Aufbereitung von Erzen; als Grundlage für desinfizierende Lösungen, in der Farben- und Firnisindustrie.

c) Kienöle[89]).

Durch trockene Destillation des Wurzelholzes von *Pinus silvestris* L. oder *Pinus Ledebourii* Endl. werden in Deutschland, Polen, Finnland und Rußland als Nebenprodukte bei der Gewinnung von Teer und Holzkohle außer Holzessig Kienöle gewonnen. Das als russisches Terpentinöl in den Handel kommende Produkt ist häufig Kienöl.

42. Thymianöl[90]).

Abstammung. Das Öl wird aus verschiedenen Thymian-Arten, insbesondere von dem in Frankreich massenhaft wildwachsenden *Thymus vulgaris* L. (*Labiatae*) gewonnen.

Geschichte. Thymian war als Küchengewürz schon im Altertum bekannt und im Gebrauch. Seit dem 16. Jahrhundert findet man das destillierte Öl als offizinell in den meisten Arzneibüchern.

Gewinnung. Gewonnen wird das Handelsöl aus dem frischen, blühenden Kraut nach dem Wasserdestillationsverfahren in Südfrankreich, Spanien, Algerien.

Sorten. Im Handel unterscheidet man französisches rotes und weißes Thymianöl. Letzteres ist ein durch Destillation mit Terpentinöl erhaltenes Produkt. — Ferner kommen spanische Thymianöle, deren Zusammensetzung je nach der Art und Reinheit des Rohmaterials (von *Thymus zygis, Thymus mastichina, Thymus vulgaris* und anderen Labiaten) oft Schwankungen unterworfen ist, und algerisches Thymianöl (von *Thymus algeriensis*) in den Handel.

Beschaffenheit. Das französische Thymianöl ist eine schmutzig dunkelrotbraune, angenehm riechende Flüssigkeit mit den Konstanten: d 0,905 bis 0,915, α schwach links bis — 4°, löslich in 1 bis 2 Vol. 80%igen Alkohols, Phenolgehalt 20 bis 30%.

Bestandteile[91]). Phenole (Thymol oder Carvacrol oder beide), Cymol, l-α-Pinen, Borneol, Linalool.

Prüfung. Bestimmung des Phenolgehaltes nach Kremers und Schreiner (Abscheiden der Phenole in alkalischer Lösung mit Jod und Titrieren mit Thiosulfatlösung[D]). — Zur Verfälschung dient hauptsächlich Terpentinöl.

Anwendung. In der Parfümerie und Seifenfabrikation.

43. Wacholderbeeröl[92]).

Abstammung. Von *Juniperus communis* L., einem in ganz Europa, besonders in mittel- und süddeutschen Gebirgen, in den Alpen, den Apenninen und den Pyrenäen, Ungarn, Siebenbürgen und Bosnien verbreiteten Strauche.

Gewinnung. Durch Destillation der zerquetschten Beeren.

Sorten. Das in Ungarn als Nebenprodukt bei der Destillation des Wacholderbeerbranntweins gewonnene Öl hat eine geringere Qualität als das übliche, z. B. in Deutschland aus italienischen oder ungarischen Beeren gewonnene Handelsöl.

Beschaffenheit. Das dünnflüssige, farblose oder blaßgrünliche Öl hat je nach seiner Herkunft verschiedene physikalische Konstanten: d 0,867 bis 0,875,

α meist linksdrehend bis $-11°$, $n_{D20°}$ 1,479 bis 1,484, S. Z. bis 3, E. Z. 2 bis 8, E. Z. nach Aztlg. 18 bis 23, in Alkohol verhältnismäßig wenig löslich.

Bestandteile[93]). α-Pinen, Camphen, Borneol, Terpineol, Cadinen.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie und in der Medizin.

44. Wermutöl[94]).

Abstammung. Die Stammpflanze ist *Artemisia absinthium* L., eine in Europa und Nordamerika weit verbreitete, vielfach auch kultivierte Komposite.

Geschichte. Das ätherische Öl, dessen Stammpflanze schon den alten Ägyptern bekannt war, wurde zuerst im 16. Jahrhundert destilliert.

Gewinnung. Das Öl wird durch Wasserdampfdestillation des frischen oder getrockneten Krautes gewonnen. Frisches Kraut liefert bis 0,5% Öl. Nachdem in Frankreich die Herstellung von Absinthgetränken verboten worden war und der Anbau und die Destillation des Wermuts aufgehört haben, nehmen jetzt die Kulturen in Nordamerika (Michigan, Indiana, New York und Wisconsin) die erste Stelle ein. Die erstgenannten beiden Staaten lieferten 1911 8000 lbs. Öl. — In kleineren Mengen werden Wermutöle auch in Deutschland (Miltitz), Algerien, Spanien und Italien gewonnen.

Beschaffenheit. Das Öl ist eine zuweilen etwas dicke, dunkelgrüne, blaue oder braune, bitter und kratzend schmeckende Flüssigkeit, deren Konstanten je nach der Herkunft des Öles sehr verschieden sind. Amerikanisches Öl: $d_{15°}$ 0,916 bis 0,938, S. Z. bis 2,2, E. Z. 46 bis 89, E. Z. nach Aztlg. 113,9, löslich in 1 bis 2 Vol. 80%igen Alkohols.

Bestandteile[95]). Thujon, Thujylalkohol, frei und als Ester der Essig-, Isovalerian- und Palmitinsäure, Phellandren, Cadinen und blaues Öl unbekannter Zusammensetzung.

Verfälschungen. Das Öl wird häufig mit Terpentinöl verfälscht, das sich in den ersten 10% des Destillats durch die Löslichkeitsprobe nachweisen läßt.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie.

45. Wintergrünöl[96]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Öles ist *Gaultheria procumbens* L., eine in Nordamerika verbreitete Ericacee.

Geschichte. Mit der Destillation des Wintergrünöles begann man in Nordamerika Anfang des 19. Jahrhunderts.

Gewinnung. Zur Gewinnung wird das zerkleinerte Kraut mit Wasser über Nacht stehengelassen und hierauf der Wasser- oder Dampfdestillation unterworfen. Dabei wird das in dem Kraut enthaltene Glukosid Gaultherin in Öl und Zucker gespalten. Die Destillation wird in den Neuenglandstaaten, in New York, Pennsylvania, Virginia und Maryland in ziemlich primitiver Weise (zum Teil Wanderdestillation) durchgeführt. Die Ausbeute beträgt 0,55 bis 0,8%.

Statistisches. In Monroe County, Pa., wurde der Ertrag an Wintergrünöl im Jahre 1910 auf 2500 bis 2700 kg geschätzt.

Beschaffenheit. Wintergrünöl ist eine farblose, gelbe oder rötliche, aromatisch riechende Flüssigkeit, die sich im Geruch von dem Birkenrindenöl deutlich unterscheidet. Die Konstanten sind: $d_{15°}$ 1,180 bis 1,193, α_{D} $-0°25'$ bis $-1°$, $n_{D20°}$ 1,535 bis 1,536, V. Z. 354 bis 365 = 96 bis 99% Methylsalizylat, löslich in 6 bis 8 Vol. 70%igen Alkohols.

Bestandteile[97]). In der Hauptsache Methylsalizylat, ferner Triacontan, ein Aldehyd oder Keton, ein Alkohol und ein Ester.

Prüfung. Siehe Birkenrindenöl, Nr. 6.

Anwendung. In der Parfümerie, Seifenfabrikation und Medizin.

46. Wurmsamenöl, amerikanisches[98]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Öles ist die bei Baltimore und in anderen Gegenden Nordamerikas wildwachsende oder kultivierte Chenopodiacee *Chenopodium ambrosioides* L. *var. anthelminticum* Gray.

Gewinnung. Das Öl wird vor allem in Westminster (Maryland) durch Wasserdampfdestillation des Krautes, insbesondere der Samen gewonnen. Da der wirksame Bestandteil des Öles, das Ascaridol, sehr empfindlich ist, wird die Destillation

unter ganz bestimmten Bedingungen — kurze Destillationszeit, warme Kühler — durchgeführt. Die Ausbeute aus den Samen beträgt 0,6 bis 1,0%, aus den Blättern 0,35% Öl.

Statistisches. Im Jahre 1911 waren in Westminster 170 Acres mit der Pflanze bewachsen. Gewonnen hat man 1911 5000, 1923 37 000 und 1924 62 000 lbs. Chenopodiumöl.

Beschaffenheit. Das Öl ist eine farblose oder gelbliche, widerlich kampferartig riechende und bitterlich schmeckende Flüssigkeit mit den Konstanten: d 0,965 bis 0,990, α_D — 4° bis — 8° 50′, löslich in 3 bis 10 Vol. 70%igen Alkohols.

Bestandteile[99]). Das Peroxyd Ascaridol $C_{10}H_{16}O_2$ (65 bis 70%), Kohlenwasserstoffe (20%), p-Cymol, Sylvestren, d-Kampfer, wahrscheinlich Safrol.

Prüfung. Minderwertige Öle haben eine zu geringe Dichte und sind nicht klar löslich in 70%igem Alkohol.

Anwendung. In der Medizin als Wurmmittel.

47. Ylang-Ylangöl[100]).

Abstammung. Stammpflanze ist der Ylang-Ylangbaum *Cananga odorata* Hook f. et Thomson, eine durch das ganze tropische Ostasien verbreitete Anonacee.

Geschichte. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wurde das Öl auf der Philippinen-Insel Luzon dargestellt.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl durch Dampfdestillation der frisch gepflückten Blüten der in Manila, auf Réunion und auf Java kultivierten Bäume. Die Ausbeute beträgt 1,5 bis 2%.

Statistisches.

Ausfuhr aus den Philippinen

1909	2812 kg	= 87 936 $
1911	1684 „	= 47 404 „
1913	2172 „	= 58 809 „
1921	1571 „	= 28 777 „
1922	1440 „	= 30 303 „

Ausfuhr aus Réunion

1906	118 kg	= 51 640 Fr.
1910	2373 „	= 579 094 „
1914	2000 „	
1920	4408 „	

Sorten. Die beste Sorte ist das Manilaöl, von dem bei der Destillation die zuerst übergehenden besser riechenden Bestandteile für sich aufgefangen werden. Weniger gut sind die auf Réunion und Java gewonnenen Öle. Die bei der Darstellung des Ylang-Ylangöles auf Manila abfallenden höheren Fraktionen und die auf Java gewonnenen Gesamtdestillate kommen unter der Bezeichnung »Canangaöl« in den Handel.

Beschaffenheit. Sie ist je nach der Herkunft und Gewinnungsart sehr verschieden. Manilaöle: $d_{15°}$ 0,930 bis 0,945, α_D — 37° bis — 57°, $n_{D\,20°}$ 1,491 bis 1,500, S. Z. bis 1,8, E. Z. 75 bis 120, E. Z. nach Aztlg. 145 bis 160, schwer löslich in Alkohol.

Bestandteile[101]). l-Linalool, Geraniol, p-Kresolmethyläther, d-α-Pinen, Eugenol, Eugenolmethyläther, wahrscheinlich Kreosol, Essig-, Benzoe-, Salizylsäuremethylester, Benzylazetat und -benzoat, Benzylalkohol und wahrscheinlich Anthranilsäuremethylester, Nerol und Farnesol.

Verfälschung. Beobachtet wurden Verfälschungen mit Kokosfett, Terpentinöl, Alkohol und Petroleum.

Anwendung. In der Parfümerie und Medizin.

48. Zimtöl, Ceylon[102]).

Abstammung. Von der Lauracee *Cinnamomum ceylanicum* Nees, einem in den Wäldern Ceylons einheimischen, strauchförmigen Baume. Kultiviert wird der Zimtbaum auf Ceylon, den Seychellen und Mauritius. In Niederländisch-Ostindien hat die Kultur seit 1865 fast ganz aufgehört.

Geschichte. Ceylon-Zimtöl war bereits im 16. Jahrhundert bekannt.

Gewinnung. Gewonnen wird das Öl durch Dampfdestillation der zerkleinerten Stamm- und Zweigrinden. Insbesondere werden mit Vorteil die beim Schälen der Rinde abfallenden Späne und der Bruch (Chips) verwendet. Die Gewinnung des Öles aus Chips wurde 1872 von der Firma Schimmel & Co. in Deutschland eingeführt. Die Ausbeute an Öl beträgt etwa 0,5 bis 1,0%.

Handel und Statistik. Aus Ceylon wird das Rindenöl nur in verhältnismäßig unbedeutenden Mengen ausgeführt. Beträchtlicher sind die ausgeführten Mengen von Quills (Zimtstangen) und Chips, die vor allem in Deutschland auf Öl verarbeitet werden.

Ausfuhr aus Ceylon von:

	Quills und Chips	Chips
1909	6 501 040 lbs.	2 941 578 lbs.
1910	6 306 060 „	3 022 858 „
1915	6 451 984 „	
1919	7 700 560 „	
1920	3 933 552 „	
1921		1 471 520 „
1922	4 813 000 „	1 399 442 „
1923	4 660 600 „	

	Zimtrindenöl	Zimtblätteröl
1910	90 710 oz.	76 008 oz.
1915	36 343 „	64 692 „
1919	66 773 „	299 928 „
1920	73 246 „	365 976 „

Zimtblätteröl, das in den letzten Jahren sowohl auf Ceylon, als auch in Vorderindien und auf den Seychellen in zunehmendem Maße gewonnen wird, findet vor allem zur Herstellung von Eugenol Verwendung.

Ausfuhr aus den Seychellen:

	Zimtrindenöl	Zimtblätteröl		Zimtblätteröl
1911	1 l	212 l	1920	39 507 l
1915	99 l	9 587 l	1921	29 000 l
1916	1834 l	15 669 l	1922	43 366 l
1918	131 l	12 731 l		

Sorten. Als beste Sorte gilt das aus den Ceylon-Chips gewonnene Öl. Das auf Ceylon selbst hergestellte Öl ist fast nie das reine Destillat der Rinde, sondern enthält auch Blätteröl. Ebenso ist das Seychellenöl minderwertig.

Beschaffenheit. Ceylon-Zimtöl ist eine hellgelbe, angenehm riechende, süßlich und brennend schmeckende Flüssigkeit mit den Konstanten: d_{15^0} 1,023 bis 1,040, α_D schwach links bis -1^0, n_{D20^0} 1,581 bis 1,591, Aldehydgehalt 65 bis 76%, Eugenolgehalt 6 bis 10%, löslich in 2 bis 3 Vol. 70%igen Alkohols.

Bestandteile[103]). Zimtaldehyd, Methyl- und Amylketon, Furfurol, l-α-Pinen, l-Phellandren, Cymol, Benzaldehyd, Nonylaldehyd, Hydrozimtaldehyd, Cuminaldehyd, l-Linalool, Linalylisobutyrat, Eugenol, Caryophyllen.

Prüfung. Durch Bestimmung des Aldehydgehaltes (Bisulfitmethode). — Zur Verfälschung dienten unter anderem das Zimtblätteröl und das Kassiaöl. — Ein gutes Ersatzmittel ist das Schimmelsche künstliche Zimtöl.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie, Parfümerie und Medizin.

49. Zitronellöl[104]).

Abstammung. Von den zwei Varietäten des auf Ceylon vorkommenden wilden Managrases, *Cymbopogon confertiflorus* Stapf: *Cymbopogon Winterianus* Jowitt = *Maha Pengiri* und *Cymbopogon nardus* Rendle = *Lenabatu*. Die *Maha Pengiri*-Art wird auf Malakka und vor allem auf Java, neuerdings auch auf Ceylon, die *Lenabatu*-Varietät in der Hauptsache auf Ceylon angebaut.

Gewinnung. Gewonnen werden die Öle durch Dampf- oder Wasserdestillation des trockenen Grases auf Ceylon von den Eingeborenen mit primitiven Apparaten, auf Java und in Johore mit modernen Einrichtungen. Die Ausbeute beträgt 0,67%.

Handel und Statistik. Ausfuhr aus Ceylon:

1905	1 202 471 lbs.
1911	1 524 275 „
1920	1 015 310 „
1921	1 215 645 „
1922	1 325 355 „
1923	1 118 619 „
1924	1 405 273 „

Ausfuhr von Java-Zitronellöl aus Java:

1916	426 000 kg
1918	228 000 „
1919	528 000 „
1920	434 000 „
1921	273 140 „
1922	434 708 „
1923	477 000 „
1924	530 000 „

Sorten. Als beste Sorte gilt das aus dem *Maha Pengiri*-Grase gewonnene Javaöl. Geringeren Handelswert hat das Ceylonöl (von *Lenabatu*).

Beschaffenheit. Das Ceylon-Zitronellöl ist eine gelbe bis gelbbraune, eigenartig und anhaftend riechende Flüssigkeit mit den Konstanten: d 0,900 bis 0,920, α_D -7^0 bis -22^0, n_{D20^0} 1,479 bis 1,494, Gehalt an Geraniol + Citronellol nicht unter 57%, löslich in 1 bis 2 Vol. 80%igen Alkohols.

Das Java-Zitronellöl ist eine farblose bis blaßgelbe, feiner riechende Flüssigkeit mit folgenden Konstanten: d_{15^0} 0,885 bis 0,901, α_D -3^0 bis $+1^0 47'$, n_{D20^0} 1,465 bis 1,472, löslich in 1 bis 2 Vol. u. m. 80%igen Alkohols. Gehalt an Geraniol + Citronellol nicht unter 85%.

Bestandteile[105]). Das Ceylonöl enthält Camphen, Dipenten, l-Limonen, Methylheptenon, Citronellal (6 bis 10%), l-Borneol, Nerol, Geraniol, Citronellol (als

Ester der Essig- und Buttersäure), Methyleugenol und Sesquiterpen. — Das Javaöl ist ähnlich zusammengesetzt, enthält aber die wichtigsten Bestandteile, Citronellal, Geraniol und Citronellol in anderen Mengenverhältnissen als das Ceylonöl.

Prüfung[106]). Bestimmung des sogenannten Gesamtgeraniolgehaltes und des Citronellalgehaltes; Löslichkeitsprobe (Schimmels Test). — Verfälschungen wurden beobachtet mit fettem Öl, Petroleum und Alkohol und Zitronenölterpenen.

Anwendung. In der Seifenfabrikation und in der Parfümerie.

50. Zitronenöl[107]).

Abstammung. Die Stammpflanze des Zitronenöles ist die Rutacee *Citrus medica* L. *subspec. limonum* Hook. f., ein Baum, der in den Mittelmeerländern und in Kalifornien und Florida angebaut wird.

Gewinnung. Das ätherische Öl wird aus den Fruchtschalen, fast ausschließlich in Italien, und zwar auf Sizilien und in Kalabrien, gewonnen. Alle Zitronen, die zum Versand nicht geeignet sind, werden auf Öl verarbeitet. Man gewinnt das Öl entweder nach der Scorzetta-Methode (Auspressen der ausgehöhlten Schalenhälften unter Verwendung eines Schwammes) oder nach der ähnlichen Drittelungsmethode oder (in Kalabrien) mit Hilfe der »Macchina« (siehe unter Bergamottöl, Nr. 5). Neuerdings hat man auch versucht, das Pressen mit der Hand durch verschiedenartig gebaute Maschinen zu ersetzen. Beim Pressen mit der Hand gewinnt man aus 1000 Zitronen 320 bis 640 g Öl. Die Extraktionsmethode (Extrahieren der Schalen mit flüchtigen Lösungsmitteln) hat in Kalifornien Anwendung gefunden. In kleinen Mengen gewinnt man Zitronenöl auch durch Destillation im Vakuum. Hierbei ist eine möglichst niedrige Temperatur innezuhalten, da sonst die Qualität des Öles leidet.

Handel und Statistik. Ausfuhr aus Messina:

1914	602 998 kg
1918	1 629 740 „
1920	435 327 „
1921	438 821 „
1922	488 243 „
1923	495 258 „

Sorten. Bei weitem die besten Öle sind die nach der Halbierungs- und der Drittelungsmethode durch Pressen mit der Hand gewonnenen. Weniger fein sind die Produkte, die man in geringeren Mengen mit Maschinen verschiedener Art oder durch Extraktion mit flüchtigen Lösungsmitteln (Kalifornien) oder durch Destillation im Vakuum gewinnt.

Beschaffenheit. Zitronenöl ist eine hellgelbe, angenehm riechende, aromatisch und bitter schmeckende Flüssigkeit, deren Konstanten je nach dem Standorte der Stammpflanze und dem Reifezustand der Früchte sehr verschieden sein können. In den meisten Fällen wurden beobachtet: d 0,856 bis 0,861, α + 57° bis + 61°, $n_{D20°}$ 1,474 bis 1,476, Abdampfrückstand 2,1 bis 4%, löslich in 0,5 bis 1 Vol. 95%igen Alkohols, Citralgehalt 3,5 bis 5% (nach der Kleberschen Methode mit Phenylhydrazin).

Bestandteile[108]). α-Pinen, Camphen, β-Pinen, β-Phellandren, Methylheptenon, γ-Terpinen, d-Limonen, Octyl- und Nonylaldehyd, Citronellal, α-Terpineol, Citral, Linalyl- und Geranylazetat, Bisabolen, Citropten, Citrapten und Zitronenkampfer.

Prüfung. Zur Untersuchung des Öles dient die Citralbestimmung nach verschiedenen Methoden, die Destillationsprobe (Destillation der ersten 10%, Drehungswinkel), Bestimmung der Ester, des Abdampfrückstandes usw. — An Verfälschungen wurden beobachtet: Terpentinöl, Glyzerinazetat, Spiritus, Zitronenölterpene, Citral aus Lemongrasöl usw.

Anwendung. In der Genußmittelindustrie, Parfümerie und Medizin.

IV. Kampfer[8]) [9]).

Abstammung. Der Kampferbaum, *Cinnamomum camphora* Nees et Ebermayer – *Laurus camphora* L. (Lauraceae), der oft eine Höhe von 20 bis 50 m und einen Durchmesser von 2 m erreicht, ist in den Bergwäldern Chinas (Fokien, Tschekiang, Kiangsi, Hupei), auf den Inseln Chusan, südlich von Schanghai, und Hainan, in Japan auf Kiuschiu und Schikoku und an der Küste der Provinzen Kii, Suruga und Izu, auf den Inseln der Tsu-Shima-Straße, auf dem Liukiu-Archipel und den kleinen, südwestlichen Inseln Japans heimisch. Auf Formosa, jetzt dem Hauptproduktionslande für Kampfer, wächst der Kampferbaum nicht in ge-

schlossenen Beständen, wie z. B. in Südjapan auf Kiuschiu und Schikoku, sondern er findet sich immer nur in Gruppen von zwei oder drei Exemplaren. Der Baum ist schon vor längerer Zeit als Zierpflanze nach anderen Gegenden, z. B. nach Italien (Neapel, Pisa, Genua, auf die Inseln des Lago Maggiore), ferner nach der Provence und nach Algerien verpflanzt worden. Seit etwa 30 Jahren hat man sowohl in Japan als auch später in vielen anderen tropischen und subtropischen Ländern Kulturen des Kampferbaumes angelegt, um daraus Kampfer zu gewinnen, so auf Ceylon, in Vorderindien, in Hinterindien (Burma, Annam), in den Vereinigten Malaienstaaten, auf Java, auf Quelpart, in Ostafrika, in Kamerun und anderen Gegenden Westafrikas, in Algerien, in Südamerika (Buenos Aires, Brasilien), in Westindien, in Mexiko, in Nordamerika (Texas, Florida, Michigan, Kalifornien, Alabama, Louisiana), in Australien und in Südfrankreich.

Geschichte. Den Chinesen war der Kampferbaum schon vor dem 6. Jahrhundert als wichtige und ein wertvolles Bauholz liefernde Pflanze bekannt. Seit wann der Kampfer daraus gewonnen wurde, wissen wir nicht. Im 16. Jahrhundert, mit der Entdeckung des Seeweges nach Ostindien, trat chinesischer Laurineenkampfer zuerst im europäischen Handel auf. All der früher in Europa verwendete und erwähnte Kampfer war anscheinend Baros- oder manchmal auch Ngai-Kampfer. (Der Baros- oder Borneo-Kampfer wird im Malaiischen Archipel von der Dipterocarpacee *Dryobalanops aromatica* Gaertner durch Auskratzen der Höhlen, neuerdings durch Destillieren des Holzes gewonnen und besteht fast aus reinem d-Borneol. — Den Ngai- oder Blumea-Kampfer gewinnt man durch Destillation der in Vorderindien, im Malaiischen Archipel, auch in Assam, Burma, Tonkin vorkommenden Komposite *Blumea balsamifera* DC. Die Droge besteht vorwiegend aus l-Borneol. Sowohl Borneo- als auch Ngai-Kampfer werden jetzt in der Hauptsache nur von den Eingeborenen, sei es für religiöse Zwecke oder zur Herstellung von chinesischer Tusche usw. verwendet.) — Über die Geschichte der Kampferproduktion auf Formosa und in Japan ist ebenfalls wenig bekannt. Wahrscheinlich haben die Chinesen, die erst Anfang des 15. Jahrhunderts Formosa betraten, die Kampfergewinnung in den beiden Ländern eingeführt, vielleicht gaben in Japan auch die Holländer die Anregung hierzu. 1899 wurde die Kampfergewinnung in Altjapan, 1903 auf Formosa als Staatsmonopol erklärt, zu dessen Überwachung man eine Reihe von sogenannten Kampferämtern einsetzte.

Bildung und Verteilung in der Pflanze. Der Kampfer ist nach den Untersuchungen von A. Tschirch und Homi Shirasawa[109]) das normale Umwandlungsprodukt eines ätherischen Öles, das in besonderen Ölzellen gebildet wird. In diesen Ölzellen, die sich in allen Teilen der Pflanze finden, entsteht anfangs eine resinogene Schicht. In ihr wird zunächst ein gelbes Öl gebildet. Allmählich geht es in ein farbloses, sehr flüchtiges Öl und dann weiter unter Sauerstoffaufnahme in kristallinischen Kampfer über, der bisweilen in den Zellen auskristallisiert. Demzufolge ist in den jungen Organen mehr gelbes Öl, in den älteren mehr farbloses Öl und Kampfer enthalten. Die Hauptmenge des Kampfers findet sich in den Wurzeln und älteren Stammteilen entweder in Öl gelöst oder auch in reinen Kristallen. Der häufig in den Spalten des ganz alten Holzkörpers gefundene reine Kampfer ist hier nicht gebildet, sondern als sekundäres Ablagerungsprodukt vorhanden. Wenn das leicht flüchtige Öl aus den Ölzellen den ganzen Holzkörper durchdringt, nimmt es Sauerstoff auf und lagert kristallinischen Kampfer in den Höhlen ab.

Die Zahl der Ölzellen ist je nach dem Pflanzenteil, Standort und klimatischen Verhältnissen sehr verschieden. So sind in den Blättern verhältnismäßig viele Ölzellen (in einer Blattfläche 50 : 100 mm 50 000) enthalten. Demgemäß sind auch die Angaben, die über die Ausbeute an Kampfer und Kampferöl vorliegen, recht verschieden. Von jungen Bäumen aus Hinterindien lieferten die Blätter 1%, kleinere Zweige 0,216%, stärkere Zweige und Stammholz 0,662%, Wurzeln 1,2% Kampfer (Fabrikausbeute)[110]). Nach anderen Quellen[111]) betrug der Kampfergehalt grüner Blätter von kultivierten Bäumen 0,25 bis 1,32%, trockener Blätter 1,55 bis 3%, von Ästen und dünnen Zweigen 0,06 bis 1,5%. In Laboratoriumsversuchen gewann Moriya aus anscheinend älteren

Bäumen (in Tachibanayama) aus kleinen Zweigen 2,21%, aus dem Wipfel und stärkeren Ästen 3,7%, aus den Stammteilen und Stockteilen 3,84 bis 5,74%, aus den Wurzeln 4,46% Kampfer.

Gewinnung. In den Hauptproduktionsländern Formosa, Japan und China wurde von jeher der Kampfer durch Destillation des zerkleinerten Wurzel- oder Stammholzes, selten der Zweige, nach verschiedenen, zum Teil primitiven Verfahren gewonnen. Am weitesten fortgeschritten ist die Art der Kampfergewinnung in Japan, wo sie nach Grassmann[112]) in folgender Weise erfolgt: Das in Späne (chips) zerschnittene Holz des Kampferbaumes gibt man in einen kegelförmigen Bottich, dessen unterer durchlöcherter Boden auf dem durchlöcherten Deckel eines flachen Wasserkessels ruht. Am oberen Ende des Bottichs ist eine 2 m lange Bambusröhre eingesetzt, die horizontal in einen am Bergabhang stehenden Kühlapparat führt. Dieser Apparat besteht aus zwei übereinander gesetzten Kästen, von denen der obere zur Kondensation des Kampfers, der untere zur Aufnahme des Kühlwassers dient. Über den nach oben gekehrten Boden des in mehrere Abteilungen geteilten Kondensationskastens wird während der Destillation ständig Kühlwasser geleitet, das durch den unteren Kasten abfließt. Zur Gewinnung des Kampfers erhitzt man den mit Wasser gefüllten Kessel durch ein mäßiges Feuer, worauf die entstehenden Wasserdämpfe aus dem Kessel durch den durchlöcherten Deckel in den mit Kampferholzspänen gefüllten Bottich entweichen, diese erhitzen und die Kampferdämpfe durch das Bambusrohr in den Kühlapparat entführen. Hier kondensiert sich die Hauptmenge des Kampfers in der 3., 4. und 5. Abteilung des siebenteiligen Kastens. Nach 24stündiger Destillation wird der Inhalt des Bottichs, der 112,5 kg Späne faßt, erneuert, und nach einer Woche entnimmt man dem Kühlkasten den destillierten Kampfer mit dem Kampferöl. Während sich an den nicht unter Wasser stehenden Wänden und an der Decke des Kastens rein weiße Kampferkristalle absetzen, schwimmt das gelbliche bis bräunlichschwarze Kampferöl vermischt mit körnigfestem Kampfer auf dem Wasser.

Primitiver ist das alte chinesische Destillationsverfahren, das lange Zeit auch auf Formosa üblich war. Die Destillationsvorrichtung bestand aus zehn einzelnen Destillationsapparaten. Von diesen hatte jeder eine als Wasserkessel dienende Pfanne mit durchlöchertem Holzdeckel, auf dem ein konischer Holzzylinder stand und zur Aufnahme der Späne diente. In einem über den Zylinder gestülpten irdenen Topf wurde der mit den Wasserdämpfen übergehende Kampfer kondensiert und an den Innenwänden niedergeschlagen. Der so gewonnene Rohkampfer enthielt stets Öl beigemischt, das sich während des Seetransportes am Boden der tonnenartigen Gefäße ansammelte und den unteren Kampferschichten eine schmierige Beschaffenheit verlieh. — Später hat man das Verfahren auf Formosa insofern vervollkommnet, als man die Kampferdämpfe durch Röhren in Fässer leitet, die in fließendem Wasser stehen. Wenn genügend Kampfer in den Fässern erstarrt ist, wird das Produkt auf hölzerne Mulden gelegt und das Kampferöl soweit als möglich abtropfen gelassen. Dieses Öl liefert bei der Destillation noch 90% Rohkampfer, der zusammen mit dem nach dem Abtropfen erhaltenen Kampfer in der staatlichen Raffinerie in Taipeh durch Sublimation gereinigt und in Kampferblüten übergeführt wird.

Auf Formosa werden die Kampferwälder von Unternehmern ausgenützt, die sich zu dem Zwecke von der japanischen Regierung eine Lizenz verschaffen müssen. Die von den Unternehmern gedungenen Explorateure suchen sich in der Nähe der Kampferbäume im Walde einen passenden Platz für die Destillation und bleiben hier einige Monate, bis sie alle Kampferbäume in der Nähe gefällt und ausgebeutet haben. Die Kampfergewinnung ist auf Formosa mit großen Gefahren verbunden, da die Eingeborenen die Kampferarbeiter als ihre Todfeinde ansehen, sie ständig verfolgen und ihnen nach dem Leben trachten.

Nach den genannten Methoden werden aus dem Holz 2 bis 3% Kampfer und etwa 1,5% Kampferöl erhalten, das ebenfalls noch 40 bis 55% Kampfer enthält.

Aus den grünen Blättern kultivierter Kampferbäume gewann man durch Dampfdestillation 0,25 bis 1,32% (0,75 bis 1,0%) Kampfer und 0,4 bis 4,24% Kampferöl

(siehe oben). Bis jetzt ist die Menge des aus den Blättern kultivierter Bäume hergestellten Kampfers im Verhältnis zu der Gesamtproduktion nur gering.

Früher gewann man in Japan und China nur Rohkampfer, der dann in Europa und Amerika raffiniert wurde. Jetzt raffiniert man sowohl in Kobe, Osaka und Taipeh und auf Formosa, als auch in Hongkong einen Teil des Rohkampfers. Bei der Sublimation, die in irdenen Gefäßen erfolgt, ergibt sich ein Verlust von 10 bis 15%. Um den sublimierten Kampfer »henno« fest zu machen und gegen Verdunstung zu schützen, preßt man ihn in Formen. In Europa (Holland, Aussig, Hamburg, London und Paris) erfolgt die Raffination des Kampfers nach dem englisch-holländischen Verfahren, wobei man dem geschmolzenen Rohprodukt 3 bis 5% Kalk und 1 bis 2% Kohle, Sand und Eisenfeile in Glaskolben »bombolas« zusetzt und das Gemisch zunächst rasch auf 120 bis 190° erhitzt. Wenn das Wasser entfernt ist, wird die Temperatur 24 Stunden auf 204° gehalten. Nach 48 Stunden ist der Prozeß beendet, und man zersprengt die kürbisförmigen Bombolas, die eine Höhe von etwa 20 cm, einen Umfang von 110 cm und einen Inhalt von 17 L und an der abgeflachten Seite einen kurzen Hals haben. Man gewinnt auf diese Weise den sogenannten Kuchenkampfer, runde, konkave, 2 bis 6 kg schwere Brote mit einem Loch in der Mitte.

In Amerika sublimiert man den Kampfer in flachen eisernen Pfannen mit eisernem Deckel, wobei man flache Platten erhält, oder aus eisernen Retorten in abgekühlte Kammern und gewinnt dann die Kampferblumen, die entweder als solche oder in Platten oder Würfel gepreßt in den Handel gebracht werden.

Sorten. Je nach der Art der Darstellung unterscheidet man jetzt in Japan den BB Kampfer (durch Sublimation auf 98 bis 99% gebracht), den raffinierten A Kampfer (in Würfelform gepreßter BB Kampfer, der nur in Formosa gewonnen wird) und den B Kampfer (von Wasser und Öl nur ungenügend befreiter Rohkampfer, 95% Kampfer enthaltend). — Im europäischen Großhandel unterscheidet man auch die A-, B- und C-Qualität.

Handel und Statistik. In Altjapan wird der Kampfer von den Bauern vor allem in Kagoshima und Nagasaki in Kleinbetrieben dargestellt, von denen es 1903 1219 und 1909 1931 gab. Auf Formosa zählte man 1899 3057 Destillieranlagen, die sich zum größten Teil in Bioritsu und Shiuchiku befanden.

In China war die Kampferproduktion während des 19. Jahrhunderts nur gering. 1895 wurden insgesamt 1767 Pikuls Kampfer ausgeführt. Nach Einführung des Kampfermonopols in Japan jedoch suchte man aus Südchina durch Raubbau die Kampferproduktion zu heben und brachte es in den Jahren 1907 zu einer Gesamtausfuhr von etwa 25 000 Pikuls. Später gingen die Produktion und Ausfuhr bedeutend zurück, hoben sich aber wieder seit 1915.

Der Weltbedarf an Kampfer wird auf 6 bis 8 bis 9 Millionen Kin angegeben.

Kampferproduktion:

	Altjapan		Formosa		Gesamtjapan*)	
1900	16 530	Pikuls**)	26 260	Pikuls		
1907	7 435	„	35 000	„		
1911	16 000	„	45 000	„		
1913	9 959	„	47 450	„		
1914					58 658	Pikuls
1915					62 209	„
1916	15 677	„	52 090	„	65 172	„
1917	9 386	„	32 230	„	41 686	„
1918					27 402	„
1919	1 591	„	23 940	„	25 554	„
1920	2 269	„	28 070	„	30 339	„
1921	12 744	„	12 810	„	25 554	„

Ausfuhr von Kampfer aus Altjapan:

1868	4 681	Pikuls	1901	41 657	Pikuls
1878	15 675	„	1907	30 576	„
1888	64 780	„	1911	34 410	„
1893	30 640	„	1913	23 190	„

Gesamtausfuhr von gereinigtem Kampfer aus Japan:

1914	30 738	Pikuls	1918	17 642	Pikuls
1915	38 800	„	1919	20 312	„
1916	57 538	„	1920	10 336	„
1917	31 199	„	1921	14 418	„
		1922	36 460	Pikuls	

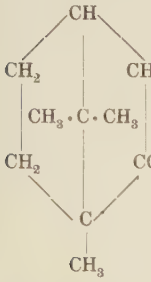
Ausfuhr von Kampfer aus China:

1891	16 982	Pikuls (vor der Abtretung Formosas)			
1904	2 219	„	1918	5 742	Pikuls
1907	25 789	„	1919	23 093	„
1911	3 361	„	1920	29 997	„
1916	2 377	„	1921	16 730	„
1917	3 547	„	1922	12 976	„

*) Etwa 70% der Produktion fallen auf Formosa und 30% auf Altjapan.

**) 1 Pikul = 61,76 kg.

Beschaffenheit. Während reiner, resublimierter Kampfer, von 2 bis 3% Wasser abgesehen, fast aus reinem rechtsdrehendem Laurineenkampfer $C_{10}H_{16}O$ besteht, enthält der Rohkampfer des Handels meist nur 90 bis 95% Kampfer und 2% Kampferöl, 5% Wasser und 0,18% nicht flüchtige Bestandteile. Der reine



Kampfer.

Laurineenkampfer bildet farblose, durchscheinende, faserig oder körnig kristallinische, eigenartig riechende und bitterlich scharf schmeckende Massen mit folgenden Konstanten: Smp. etwa 175°, Sdp. 204°, d_{15^0} 0,995, $[\alpha]_D$ + 44,22° (in 20%iger alkoholischer Lösung), löslich in 1000 bis 1300 Teilen Wasser, leicht löslich in organischen Lösungsmitteln. Mit organischen Verbindungen, wie Salizylsäure, Salol, Menthol, Thymol, Resorcin, Phenol usw. verrieben, verflüssigt sich der Kampfer.

Der natürliche Kampfer gibt mit Vanillin-Salzsäure oder besser mit 38%iger reiner Salzsäure eine Rotblau- oder Blaugrünfärbung, bedingt durch Stoffe, die bei der Destillation aus dem Parenchym mitgerissen werden. Synthetischer Kampfer gibt diese Reaktion nicht.

Verfälschung und Prüfung. Zur Prüfung des Kampfers dienen außer der Bestimmung der Konstanten, die Sublimation, die Bestimmung mit Hydroxylamin und die Oximbestimmung. Synthetischer Kampfer ist nachzuweisen durch die oben erwähnte Salzsäureprobe, durch den Nachweis von Borneol und von Chlor. — Obwohl Kampfer schwer zu verfälschen ist, hat man als Verfälschungsmittel Fett, Paraffin, Stearinsäure und Wasser beobachtet.

Ersatz. Als Ersatz für den natürlichen Kampfer dient der synthetische Kampfer, der aus dem Terpentinöl über Pinen und Borneol gewonnen wird, und für den Deutschland ein wirksames Monopol besitzt.

Anwendung. Bei weitem der meiste Kampfer (60 bis 70%) der Gesamtproduktion wird zu Zelluloid oder zu Xylonit, Galalith, Marloid verarbeitet. Der Rest findet als Beimischung zu Explosivstoffen und für die Fabrikation von rauchfreien Pulvern, als Desinfektions- und Mottenmittel und in der Medizin Verwendung.

C. Literatur.

I. Allgemeines.

a) W. Semmler, Die ätherischen Öle, Leipzig 1906 und 1907.

b) H. Schelenz, Zur Geschichte der pharmazeutisch-chemischen Destilliergeräte, Sonderbeilage zum Bericht von Schimmel & Co., April 1911.

c) O. Wallach, Terpene und Kampfer. 2. Aufl. Leipzig 1914.

d) A. Hesse, Über die Entwicklung der Industrie der ätherischen Öle in Deutschland in den letzten 25 Jahren. Festschrift Otto Wallach. Göttingen 1909.

e) Gildemeister u. Hoffmann, Die ätherischen Öle. 2. Aufl. Miltitz bei Leipzig 1910 und 1916.

f) C. v. Rechenberg, Einfache und fraktionierte Destillation in Theorie und Praxis. Miltitz bei Leipzig 1923. Seite 596 bis 620.

g) R. Knoll, Synthetische und isolierte Riechstoffe und deren Darstellung. Halle a. S. 1908.

h) Berichte von Schimmel & Co., von April 1888 an.

i) F. Rochussen, Ätherische Öle und Riechstoffe. 2. Aufl. Leipzig 1920.

G. Cohn, Synthetische Riechstoffe (in dem Handbuch der kosmetischen Chemie von Truttwin. 2. Aufl. Leipzig 1924).

j) O. Simon, Laboratoriumsbuch für die Industrie der Riechstoffe. 2. Aufl. Halle 1920.

k) J. H. Fehr (herausgegeben von H. Norrenberg), Likörfabrikation auf kaltem Wege. Berlin 1921.

l) H. Mann, Die moderne Parfümerie. 3. Aufl. Augsburg 1921. — W. A. Poucher, Perfumes and Cosmetics. London 1923.

m) A. Reclaire, Die ätherischen Öle in der Kosmetik (in dem Handbuch der Kosmetischen Chemie von H. Truttwin. 2. Aufl. Leipzig 1924).

n) J. Schaal, Die moderne Toiletteseifen-Fabrikation, Verlag für chemische Industrie.

o) Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis. Berlin 1902; Hagers pharmazeutisch-technisches Manuale. 8. Aufl. Leipzig 1921.

p) Gildemeister u. Hoffmann, Die ätherischen Öle. 2. Aufl. Bd. I.

q) Dasselbe, Bd. II.

r) Dasselbe, Bd. III.

s) A. Tschirch, Handbuch der Pharmakognosie. 2. Bd. 2. Abteilung. Leipzig 1917.

II. Besondere Hinweise.

1. r Seite 361.
2. h Oktober (1909), 14.
3. r Seite 391.
4. h April (1891), 3; April (1913), 20; Ber.

Chem. Ges. **29** (1896), 1811; Journ. f. prakt. Chem. II, **83** (1911), 243.
5. r 364.
6. h Oktober (1895), 6; C. R. **122** (1896), 198; Bull. Soc. chim. III, **25** (1901), 275.
7. r 202.
8. Arch. d. Pharm. **227** (1889), 529; Pharm. Rundschau (New York) **13** (1895), 60; h April (1901), 12.
9. r 62.
10. Ber. Chem Ges. **25** (1892), 1182; Chem. Ztg. **34** (1910), 538.
11. q 330.
12. Pharm. Rundschau (New York) **13** (1895), 228.
13. q 599.
14. r 227.
15. h April (1904), 48.
16. q 117.
17. h April (1904), 48; Ber. Chem. Ges. **40** (1907), 4919.
18. q 118.
19. Arch. d. Pharm. **231** (1893), 291; h April (1909), 47.
20. q 124.
21. Arch. d. Pharm. **231** (1893), 297; Journ. f. prakt. Chem. II, **83** (1911), 489.
22. q 128.
23. q 131.
24. q 637.
25. h April (1904), 50; Oktober (1910), 52; Oktober (1911), 46.
26. q Seite 276.
27. h April (1907), 53; Oktober (1908), 62.
28. r Seite 423.
29. Berl. Ber. **34** (1901), 291, 2916; **37** (1904), 1457.
30. r 312.
31. h April (1892), 7.
32. q 262.
33. Ber. Chem. Ges. **34** (1901), 1021; **35** (1902), 3187; h Oktober (1899), 8.
34. q 465.
35. h April (1889), 8; Oktober (1903), 41; April (1904), 58; April (1908), 23; Oktober (1909), 24; Oktober (1910), 79; (1923), 12.
36. q 295.
37. h Oktober (1897), 9; Ann. **360** (1908), 90.
38. q 443.
39. Ber. Chem. Ges. **24** (1891), 1805; Journ. f. prakt Chem. II, **51** (1895), 316.
40. h Oktober (1890), 12.
41. q 612.
42. h Oktober (1899), 58; April (1901), 16; April (1903), 16; April (1904), 21.
43. r 327.
44. Wallach-Festschr. 1909, S. 645; h April (1907), 127.
45. r 590.
46. Pharm. Review **14** (1896), 244; h April (1898), 28.
47. r 349.
48. h April (1905), 50; Ber. Chem. Ges. **47** (1914), 2628.
49. p 604.
50. r 449.
51. h April (1903), 41, 44; April (1904), 60; Chem. Ztg. **34** (1910), 1029; h April (1913), 66.
52. q 200.
53. h (1888), 17; Oktober (1898), 66; Oktober (1894), 32; Oktober (1905), 42, 43; Journ. f. prakt. Chem. II, **58** (1898), 51; **59** (1899), 497.
54. q 210.
55. r 83.
56. Arch. d. Pharm. **242** (1904), 288.
57. r 125.
58. h April (1892), 24; Oktober (1894), 35; Oktober (1900), 43; Oktober (1908), 78; April (1909), 61.
59. q 499.
60. h April (1909), 64; April (1912), 84; Ber. Roure-Bertrand Fils Oktober (1909), 45.
61. r 511.
62. Ber. Chem. Ges. **32** (1899), 995; Ann. **350** (1906), 169; **356** (1907), 206.
63. r 209.
64. h April (1897), 50; April (1912), 44; April (1903), 51.
65. p 611.
66. r 93.
67. h Oktober (1902), 60; April (1903), 56; April (1914), 71; Ber. Chem. Ges. **32** (1899), 2619; **46** (1913), 1732.
68. q 186.
69. Arch. d. Pharm. **234** (1896), 328; h April (1905), 39; Oktober (1898), 67.
70. r 601.
71. Ann. **279** (1894), 394; h April (1904), 71; April (1905), 62.
72. r 537.
73. Arch. d. Pharm. **232** (1894), 639; h April (1894), 42; Oktober (1896), 61; April (1912), 100; April (1913), 79; Oktober (1910), 79.

73a. r 56.

73b. Ann. **227** (1884), 289; Journ. f. prakt. Chem. II, **62** (1900), 523; h April (1900), 18.
74. q 570.
75. Journ. f. prakt. Chem. II, **49** (1894), 185; II, **50** (1894), 472; Ber. Chem. Ges. **33** (1900), 1720, 1903, 2299, 2302, 3063; **37** (1904), 1094; h Oktober (1900), 57.
76. r 485.
77. Ber. Chem. Ges. **35** (1902), 550; h Oktober (1907), 81.
78. q 344.
79. Arch. d. Pharm. **238** (1900), 366, 372; h Oktober (1910), 98, 102; April (1911), 104.
80. q 510.
81. Pharm. Review **14** (1896), 101.
82. q 538.
83. q 393.
84. h April (1893), 57; April (1910), 99; Oktober (1911), 86; Oktober (1895), 6.
85. q 11.
86. Ber. Chem. Ges. **29** (1896), 25; **39** (1906), 1445; h April (1908), 100; Oktober (1897), 68.
87. q 100.
88. h April (1910), 68.
89. q 107.
90. r 523.
91. h Oktober (1894), 57; Bull. Soc. chim. III, **19** (1898), 1009.
92. q 166.
93. h April (1890), 43; Oktober (1895), 46; Oktober (1909), 10; Oktober (1910), 128.
94. r 683.

95. h Oktober (1894), 51; April (1897), 51.
96. r 411.
97. Pharm. Rundschau New York **13** (1895), 228.
98. q 373.
99. h April (1908), 112.
100. q 409.
101. Bull. Soc. chim. III, **13** (1895), 140; h Oktober (1901), 58; April (1900), 48; April (1902), 64; April (1903), 79.
102. q 434.
103. h Oktober (1892), 47; April (1902), 65; Oktober (1908), 142.
104. q 226.
105. Oktober (1899), 12; April (1903), 85; April (1912), 40.
106. q 239.
107. r 7.
108. h April (1897), 19; Oktober (1897), 22; April (1902), 24; Oktober (1902), 33; Oktober (1903), 26; Oktober (1909), 50; Oktober (1908), 52; Ann. **227** (1885), 290; Ber. Chem. Ges. **27** (1894), 325.
109. Arch. d. Pharm. **240** (1902), 257.
110. Journ. d'agric. trop. (1910), 8.
111. q 472.
112. Mitt. d. deutsch. Ges. f. Nat. u. Völkerkunde Ostasiens, Tokio, **6** (1895), 277.

Bitterstoffe.

(J. Meßner.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Begriff des Bitterstoffes	110
II. Darstellung der Bitterstoffe	111
III. Die einzelnen Bitterstoffe in alphabetischer Ordnung	112
IV. Literatur	175

I. Begriff des Bitterstoffes.

Bitter schmeckende Stoffe haben schon seit den ältesten Zeiten bei allen Kulturvölkern eine Rolle als Heilmittel gespielt, und man hat ursprünglich alles, was bitter schmeckte, als Bitterstoff bezeichnet, gleichviel ob der betreffende Stoff aus dem Pflanzen-, Tier- oder Mineralreich stammte. Mit dem Fortschritt der chemischen Erkenntnis hat man den Bereich der Bitterstoffe immer mehr eingeschränkt, so daß man heute gewöhnlich nur noch Pflanzenstoffe dazu zählt und außerdem noch die Alkaloide und die Glukoside ausscheidet, mit der Begründung, daß diese eine eigene chemische Gruppe für sich bilden. Es ist aber nicht ganz richtig, mit den Alkaloiden alle stickstoffhaltigen Bitterstoffe auszuscheiden, denn bekanntlich sind nicht alle stickstoffhaltigen organischen Körper basischer Natur, wie die Alkaloide. Es ist ferner zu erwarten, daß man die jetzt noch allgemein anerkannte Gruppe der Bitterstoffe mit der Zeit noch weiter beschneiden wird, wenn man den Chemismus ihrer Einzelglieder genau erforscht haben wird. Allein bei der Einreihung bitter schmeckender Stoffe in eine besondere Gruppe sollte man auch die Zweckmäßigkeit nicht aus dem Auge verlieren. Deshalb hat der Verfasser dieses Abschnitts aus praktischen Gründen die Grenze der Bitterstoffgruppe nicht allzu eng gezogen und auch einige glukosidische Bitterstoffe mit aufgeführt. Ebenso zweckmäßig dürfte die Nennung einiger Bitterstoffe sein, die man auch unter die Gruppe der Resinoide gerechnet hat, einer Gruppe von Körpern, die gerade so wie die Bitterstoffe in ihrer Zusammensetzung große Ähnlichkeiten und Analogien untereinander vermissen lassen, zum Teil aber doch wichtige Stoffe sind, wie z. B. das Podophyllin des deutschen Arzneibuches. Man könnte die Einbeziehung eines bitter schmeckenden Körpers in die Gruppe der Bitterstoffe auch von ihrer pharmakologischen Wirkung abhängig machen, man könnte alle akut giftig wirkenden Substanzen ausscheiden und nur die in Betracht ziehen, welche selbst in großen Dosen vollkommen ungiftig sind und außerdem eine spezifische Wirkung auf die Drüsentätigkeit zeigen, Gärungsprozesse des Magen-Darmtraktus günstig beeinflussen usw. Allein dabei müßte man berücksichtigen, daß man nach R. Kobert (1) gänzlich unwirksame, stark giftige und therapeutisch brauchbare zu unterscheiden hat. Hierüber hat der Verfasser dieses an anderer Stelle (Mercks Wissenschaftl. Abhandl. Nr. 26) berichtet, an der er die Bitterstoffe als Medikamente dem Arzte wieder näher zu bringen sucht. Er hielt es für die vorliegende Bearbeitung der Bitterstoffe für das zweckmäßigste, den Stoff alphabetisch zu ordnen, womit wohl die größte Übersichtlichkeit für den Leserkreis gewährleistet ist. Wer übrigens die vorliegende Zusammenstellung kritisch betrachtet, wird vielleicht der Meinung sein, daß bei der Aufnahme der einzelnen Stoffe eine gewisse Willkür gewaltet habe. Das ist aber bei allen bisher über die Bitterstoffe in der Literatur erfolgten Zusammenstellungen der Fall, und meines Erachtens ist vorläufig eine andere Möglichkeit auch gar nicht gegeben. So findet man z. B. in der Literatur zuweilen die Saponine und die Digitalisglukoside und ihnen pharmakologisch verwandte Körper unter den Bitterstoffen aufgeführt, während an anderen Stellen vermieden wird, auch sehr bitter schmeckende Glukoside zu nennen. Im Einzelfalle kommt es eben ganz auf den Standpunkt an, von dem aus der Bearbei-

ter die Bitterstoffe betrachtet, vom chemischen, pharmakologischen, geschichtlichen oder rein praktischen Standpunkte aus. So sollte man meinen, daß nur wirklich bitter schmeckende Substanzen unter die Bitterstoffe gezählt werden dürften, das ist aber nicht der Fall, denn man rechnet auch solche darunter, die ursprünglich in unreinem Zustande bitter waren, während sie mit der Zeit völlig rein gewonnen werden konnten und damit ihren bitteren Geschmack verloren, der also nur auf Verunreinigungen zurückzuführen war. Eine zuweilen besonders hervorgehobene Eigenschaft der Bitterstoffe soll ferner ihre chemische Indifferenz sein, so daß man auf ihren Geschmack gar keine Rücksicht nahm. Schließlich erweckt es nicht selten den Anschein, als ob man einen Körper nur deshalb unter die Bitterstoffe gerechnet habe, weil er ein Pflanzenstoff, aber weder Alkaloid noch Glukosid war und weil man nicht wußte, in welcher chemischen Gruppe man ihn sonst hätte unterbringen sollen.

Bezüglich neuerer Theorien über die Bitterstoffe soll noch auf die Mitteilungen von Keegan (2) und Sternberg (2 a) hingewiesen werden, wenn auch nur in möglichster Kürze. Keegan erklärt die Bitterstoffe für chemisch sich nahestehende Körper, die neutral und indifferent seien. Nach seiner Meinung weisen sie auch charakteristische chemische Eigenschaften auf und sind wahrscheinlich Umsetzungsprodukte der Glukoside. Andere seien Säureanhydride oder Laktone. Wenn man diese Definition der Bitterstoffe anerkennen will, so muß man selbstverständlich alle Bitterstoffe, die ihr nicht entsprechen, aus der Gruppe der Bitterstoffe ausscheiden. Das dürfte aber nicht so einfach sein. Andererseits hat sich Sternberg zu der Frage geäußert, ob der bittere Geschmack eines Körpers vielleicht von bestimmten Radikalen oder chemischen Gruppen im Molekül abhängig sei. Er kam zu dem Ergebnis, daß der bittere Geschmack auf das Vorhandensein von Hydroxyl- und Amino-Gruppen zurückzuführen sei sowie auf die Bindungsart. Dieselben Gruppen seien aber auch für den süßen Geschmack maßgebend, wie überhaupt der bittere dem süßen Geschmack physiologisch verwandt sei.

II. Darstellung der Bitterstoffe.

Da man es bei den Bitterstoffen mit heterogenen Substanzen zu tun hat, richtet sich ihre Darstellung ganz nach ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften. Vor allem wird man bei ihrer Gewinnung nach Möglichkeit auf chemische Agenzien verzichten, die auf den betreffenden Bitterstoff zersetzend einwirken können, sei es durch Spaltung, Oxydation, Reduktion usw. In vielen Fällen kann man den Bitterstoff direkt durch Extraktion mit Wasser, Alkohol, Äther oder sonst einem geeigneten Lösungsmittel aus der frischen oder getrockneten Droge ausziehen. Zuweilen kristallisiert er schon beim Erkalten des heiß verwendeten Extraktionsmittels aus oder kann doch durch Eindampfen zur Kristallisation gebracht werden. Durch ein- oder mehrmaliges Umkristallisieren, nötigenfalls unter Mitverwendung von Klärungs- oder Entfärbungsmitteln, wie Tierkohle, kann er oft in reinem Zustande erhalten werden. Hat der Bitterstoff aber die Eigenschaft, sich auf Tierkohle niederzuschlagen, so wird man mit Verlusten rechnen müssen. Ja es wird in diesem Falle vorzuziehen sein, nach dem Kohleadsorptionsverfahren zu arbeiten. Man wird deshalb den wässrigen Auszug der Droge mit Tierkohle behandeln. Der darauf niedergeschlagene Bitterstoff wird dann durch Auskochen mit Alkohol gewonnen, indem der Alkohol teilweise oder ganz verdampft oder abdestilliert wird, je nachdem es sich um einen kristallisierbaren oder amorphen Bitterstoff handelt. Eine andere Methode, das Tanninverfahren, beruht darauf, daß man den Bitterstoff im wässrigen Auszug mit Tannin fällt. Selbstverständlich kommen für diese Methode nur mit Tannin fällbare Bitterstoffe in Betracht. Der Tanninbitterstoffniederschlag wird mit Bleihydroxyd behandelt und der so wieder in Freiheit gesetzte Bitterstoff aus der Mischung durch Alkohol oder ein andres geeignetes organisches Lösungsmittel extrahiert und in entsprechender Weise isoliert. Viel verwandt wird das Bleiazetatverfahren. Man versetzt den Pflanzenauszug mit Bleiazetat- oder Bleisubazetatlösung, wobei zu berücksichtigen ist, daß es Bitterstoffe gibt,

die durch beide Bleisalze oder nur durch das eine oder das andere gefällt oder überhaupt durch beide nicht gefällt werden. In letztgenanntem Falle werden durch die Bleisalze verschiedene fremde Stoffe ausgefällt und der Bitterstoff bleibt in Lösung. Man entbleit diese durch Schwefelwasserstoff und extrahiert den Bitterstoff nach dem Filtrieren direkt durch Ausschütteln mit einem geeigneten Lösungsmittel, wie Äther, Chloroform und Benzol, oder man bringt die wässrige Lösung des Bitterstoffes zur Trockne und zieht den Rückstand mit einem geeigneten organischen Lösungsmittel aus. Wird der Bitterstoff aber durch die genannten Bleisalze ausgefällt, so behandelt man den Niederschlag in wässriger Suspension mit Schwefelwasserstoff, worauf man den Bitterstoff in entsprechender Weise isolieren kann. Es bleibt dem Darsteller unbenommen, den Bitterstoff nach zwei der genannten Verfahren zu reinigen, er kann also z. B. den nach dem Bleiazetatverfahren gewonnenen Bitterstoff über das Kohleadsorptionsverfahren reinigen, wenn ihm eine genügende Reinigung, wie bei den amorphen Bitterstoffen, durch mehrmaliges Umkristallisieren nicht möglich gemacht wird.

III. Die einzelnen Bitterstoffe.

1. **Absinthin** (Absinthiin). Aus dem Kraute des Wermuts, der *Artemisia absinthium* L. (Composite) hat zuerst Mein (3) nach Vorversuchen von Leonardi (4) und Caventou (5) einen Bitterstoff, das »Absinthin« isoliert. Er wurde in der Folge von Luck (6), Righini (7), Poppe (8), Benemann (8a), Kromayer (9), Landerer (10), Tichanowitsch (11), Schoonbrodt (12), Höche (13), Enders (14), Hoffstedt (15), Kubicki (16), Almén (17), Wittstein (18), Roux (19), Allen (20), Senger (21), Bourcet (22) und Malacarne (23) näher beschrieben. Von den meisten dieser Autoren wird angegeben, daß Absinthin ein amorpher oder zum Teil kristallinischer Stoff von mehr oder weniger gelblicher bis bräunlicher Farbe sei. Kromayer hat für das von ihm hergestellte Präparat die Formel $C_{40}H_{56}O_8 + H_2O$ aufgestellt, während Senger und Bourcet einem Absinthin von kristallinischer Form und dem Schmelzpunkt 68° die Formel $C_{15}H_{20}O_4$ gaben. Dieses Absinthin war glukosidischer Natur, es wurde durch heiße, verdünnte Schwefelsäure in Zucker und einen harzartigen Körper $C_{21}H_{26}O_6$ gespalten, der sich angeblich wie eine aromatische Oxysäure verhielt. Das Absinthin des Handels (von E. Merck in Darmstadt) ist ein gelbbraunes, amorphes Pulver. In Wasser ist es sehr schwer löslich, in Alkohol und Chloroform löst es sich reichlich. Über die Konstitution des Bitterstoffes ist Näheres noch nicht bekannt geworden.

Aus Wermut haben Adrian und Trillat (24) einen »Anabsinthin« genannten Körper hergestellt. Da er aber kein Bitterstoff ist, gehört er nicht hierher.

2. **Abietit.** Aus den Nadeln von *Abies pectinata* D. C. (Conifere) hat Rochleder (25) eine Zuckerart isoliert, die er »Abietit« nannte. Man rechnet diesen Körper nach E. Schmidt (25a) zu den Bitterstoffen. In seinem Äußeren ist er dem Mannit ähnlich, entspricht aber der Formel $C_6H_8O_3$. Rochleder vermutete, daß er der Äther eines sechsatomigen Alkohols von der Zusammensetzung des Mannits sei.

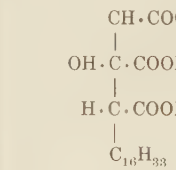
3. **Achillein.** Den ersten Versuch der Isolierung des in der Schafgarbe, *Achillea millefolium* L. (Composite), enthaltenen Bitterstoffes, der den Namen »Achillein« erhalten hat, machte im Jahre 1846 Zanon (26). Einen damit identischen Körper gewann v. Planta (27) später auch aus *Achillea moschata* L. Er war stickstoffhaltig und entsprach der Formel $C_{20}H_{38}O_{15}N_2$. Nach v. Planta ist Achillein glukosidischer Natur, denn bei der Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure zerfiel es in Zucker, Ammoniak und einen flüchtigen, aromatischen Körper sowie das Achilletin, $C_{22}H_{34}NO_8$. Der Bitterstoff ist bisher nicht genauer charakterisiert worden. Er stellt eine hygroskopische, amorphe, braune Masse dar, die sich leicht zerreiben läßt. In Wasser löst er sich leicht mit neutraler Reaktion, ist hingegen in kaltem Alkohol und Äther so gut wie unlöslich.

4. **Acorin.** Faust (28) schildert den Bitterstoff aus dem Rhizom von *Acorus*

calamus L. (Aracee) als einen honiggelben, harzartigen Körper, der in Wasser unlöslich, in Alkohol und Äther löslich ist. Er war angeblich glukosidischer Natur und enthielt Stickstoff, so daß der Autor vermutete, er könnte auch ein Alkaloid sein. Jedenfalls war das Acorin von Faust ein fragwürdiger Stoff. Thoms (29) stellte für sein Acorin die Formel $C_{36}H_{60}O_6$ auf. Dieser Körper spaltete sich unter der Einwirkung von verdünnten Säuren und Alkalien in ein Terpen von der Zusammensetzung $C_{10}H_{16}$ und Glukose und ging bei der Oxydation in Acoretin, $C_{36}H_{58}O_7$, über. Der Autor beschreibt das Acorin als goldgelbe, aromatisch riechende, neutrale Masse, unlöslich in Wasser und löslich in Alkohol. Geuther (30) bestritt die Befunde Thoms und erklärte das Acorin für einen stickstoffhaltigen Körper von der Formel $C_{40}H_{67}NO_7$, der kein Glukosid sei.

5. Adansonin. Im Affenbrotbaum (in der Rinde), der *Adansonia digitata* L. (Bombacacee), fand Walz (31) einen Bitterstoff, den er Adansonin nannte. Es ist nach seinen Befunden ein in farblosen Kristallen (Nadeln) kristallisierender Körper von der Formel $C_{84}H_{36}O_{33}$, der in Wasser fast unlöslich, in Alkohol und Äther löslich ist. In Alkalien löst er sich mit gelber Farbe.

6. Agaricin. Der *Polyporus officinalis* Fries (Hymenomycete), gewöhnlich Lärchenschwamm genannt, weil er auf der Lärche wächst, enthält einen Bitterstoff, das Agaricin, der aber seinen bitteren Geschmack einem Harz verdankt. Das Agaricin des Deutschen Arzneibuches ist reine Agaricinsäure und geschmacklos. Sie ist unter die Gruppe der Harzsäuren zu rechnen. Das Deutsche Arzneibuch hat irreführenderweise für die chemisch reine Agaricinsäure die Bezeichnung Agaricin beibehalten, weshalb diese beiden Stoffe in der Literatur unzertrennlich geworden sind. Mit der Herstellung und Zusammensetzung des Agaricins haben sich Trommsdorff (32), Martius (33), Schoonbrodt (34), Fleury (35), Masing (36), Jahns (37), Schmieder (38), Körner (39), Thoms und Vogelsang (40), Gaubert (41), Siedler und Winzheimer (42) und Tunmann (43) befaßt. Anfangs hat man diesen Körper nur in unreinem Zustand erhalten, er hat sich aber unter dem Namen Agaricin erhalten, da er angeblich therapeutisch wirksamer ist. Auch das Laricin nach Martius, $C_{14}H_{24}O_4$, dürfte ein unreines Agaricin gewesen sein. Man hat somit nach Meßner (44) zwei Agaricine zu unterscheiden, das Agaricin (Merck), eine Mischung der amorphen, säureartigen Stoffe des Lärchenschwamms, der getrocknet 14—18 % reine Agaricinsäure und 60—80 % Harze enthält, ein gelbliches, amorphes Pulver, das in Äther, Ammoniakflüssigkeit, Alkohol und heißem Wasser löslich ist; der bittere Geschmack der Handelspräparate dürfte auf einen Gehalt von rotem Harz oder α-Harz [Hofmeister (45)] zurückzuführen sein (vgl. Masing, Schmieder und Jahns), und das reine Agaricin des Arzneibuches, die Agaricinsäure, ein weißes, kristallinisches Pulver von der Zusammensetzung



Cetylzitronensäure.

Sie schmilzt bei 138—140°, in ganz reinem Zustande sogar bei 141,5—142°, löst sich wenig in kaltem Wasser, Äther und Alkohol, besser in siedendem Wasser, Alkohol und Essigsäure. Bezüglich ihres Nachweises und ihrer Identifizierung vgl. Tunmann (43).

7. Agoniadin. In der »Agoniadarinde« bezeichneten Rinde der *Plumiera lancifolia* var. major (Apocynacee) entdeckte Peckolt (46) einen glukosidischen Bitterstoff, den er »Agoniadin« nannte. Es war ein in Wasser und Alkohol schwer löslicher Körper. Geuther (47) gab ihm die Formel $C_{20}H_{14}O_{12}$. Nach Meßner (48) dürfte er mit dem von Boorsma (49) und Merck (50) in *Plumiera acutifolia* gefundenen Glukosid identisch sein. Boorsma nannte dieses »Plumierid«. Franchimont (51) lieferte den Beweis, daß die von Boorsma und Merck gefundenen Körper identisch sind. Boorsma gab dem Plumierid die Formel $C_{30}H_{40}O_{18} + H_2O$, Franchimont die Formel $C_{21}H_{26}O_{12}$. Nach ihm bildet Plumierid kleine weiße Kristalle vom Schmelzpunkt 153°, die in Wasser,

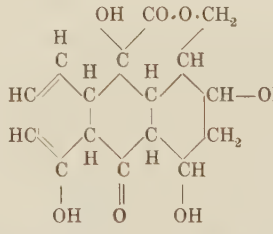
Alkohol und Essigäther löslich sind. Durch Alkalien und beim Kochen in Wasser wird es in Methylalkohol und die Plumieridsäure, $C_{10}H_{10}O_5$, gespalten.

8. Agoniapikrin. Dieser Bitterstoff findet sich nach Peckolt (52) neben dem Agoniadin in der Rinde der *Plumiera lancifolia* (Apocynacee). Er ist ein bräunliches, amorphes, in Wasser, Alkohol und Äther lösliches Pulver. Über seine chemische Zusammensetzung ist nichts bekannt geworden.

9. Alkornin (Alkornol). Aus der echten Alkornokorinde von *Bowdichia virgiloides* H. B. K. (Leguminose) gewann im Jahre 1840 Frenzel (53) einen Bitterstoff, indem er die Rinde mit Äther extrahierte und das Extrakt mit Tierkohle entfärbte. Nach Hartwich und Dünnenberger (54) handelt es sich um einen kristallinischen, phytosterinartigen Alkohol von der Formel $C_{22}H_{34}O$, der bei 205° schmilzt und ein Drehungsvermögen $\alpha_D = +33{,}83°$ aufweist. Er löst sich in Alkohol, Eisessig, Essigsäureanhydrid, fetten Ölen, Terpentinöl, Äther, Petroläther, Essigäther und anderen organischen Lösungsmitteln. Die Autoren geben auch eine Reihe von Identitätsreaktionen an.

10. Aloin. Mit der Herstellung dieses Bitterstoffes aus den verschiedenen Handels-Aloen hat sich eine ganze Reihe von Forschern befaßt, wie Braconnot (55), Buchner (56), Robiquet (57) und Winckler (58); die ersten, die ihn kristallisiert erhalten haben, waren aber sehr wahrscheinlich T. und H. Smith (59). Vor den für die Kenntnis des Aloins grundlegenden Arbeiten von Léger (60) hat man angenommen, daß die verschiedenen Aloesorten des Handels auch verschiedene Aloine enthielten. Man unterschied Barbaloin aus Barbados-Aloe, β-Barbaloin aus Barbados-, Kap-, Sokotra- und Uganda-Aloe, Curaloin aus Curaçao-Aloe, Feroxaloin aus *Aloe ferox* Mill., Homonataloin, einen Begleiter des Nataloins aus Natal-Aloe, Isobarbaloin aus Barbados-Aloe und anderen Aloearten, Jafaloin aus Jafarabad-Aloe, Kapaloin aus *Aloe lucida*, Nataloin aus Natal-Aloe, Socaloin aus Sokotra- und Zanzibar-Aloe und Ugandaloin aus *Aloe ferox* Mill. Diese Aloine sollen verschiedene Eigenschaften und Zusammensetzung gezeigt haben, von Léger wurde aber nachgewiesen, daß Curaloin, Feroxaloin, Jafaloin, Kapaloin, Socaloin und Ugandaloin mit Barbaloin identisch sind. Barbaloin dürfte zurzeit wohl das wichtigste und zumeist verwandte sein. Chemisch gut charakterisiert sind nur das Barbaloin und das Nataloin. Isobarbaloin und β-Barbaloin sind Begleiter des Barbaloins in verschiedenen, nicht aber in allen Barbaloin liefernden Aloesorten. Socaloin ist im Gegensatz zu den anderen Aloinen farblos, es ist aber noch nicht entschieden, ob es sich chemisch von jenen unterscheidet.

Das Barbaloin hat nach Léger die Formel $C_{20}H_{18}O_9$. Es kristallisiert, je nachdem es aus Methylalkohol oder Wasser auskristallisiert ist, mit $1^1/_2$—4 Molekülen H_2O. Nach Oesterle und Riat (61) ist es glukosidischer Natur und wird durch Säuren in Aloe-Emodin und Zucker (Aloinose) gespalten. Nach Léger ist die Aloinose eine d-Arabinose. Robinson und Simonsen (62) schreiben dem Barbaloin die Formel $C_{16}H_{18}O_7$ zu und halten folgende Konstitutionsformel für wahrscheinlich:



Das Barbaloin des Handels, wie z. B. das von E. Merck in Darmstadt gelieferte, bildet ein gelbes, kristallinisches Pulver, das in heißem Wasser und Alkohol löslich ist.

Wasserfreies Aloin schmilzt bei 146 bis 148°, wasserhaltiges weit früher, und zwar unter Umständen schon bei 70°. Eine Bestimmungsmethode des Aloins in der Aloe wurde von Briggs (63) angegeben. Bezüglich der Aloe-Literatur verweise ich auf die Zusammenstellung unter (68), bezüglich der Identitätsreaktionen auf Mercks Reag.-Verzeichnis 1924.

Das Nataloin, das namentlich von Flückiger (64), Groenewold (65), Léger (60), Tilden (66) u. Tschirch

(67) untersucht worden ist, hat nach Léger die Formel $C_{23}H_{24}O_{10}$. Es bildet schwach gelbe Kristalle, schmilzt bei 203° und löst sich verhältnismäßig wenig in Alkohol, Äther und Essigäther. In Wasser löst es sich fast gar nicht. Vor dem Barbaloin zeichnet es sich durch große Beständigkeit aus. Seine chemische Konstitution ist noch nicht näher erforscht. Léger hält es für den Methyläther des Homo-Nataloins, wonach ihm die Formel $C_{22}H_{23}O_9OCH_3$ zukommen müßte.

11. **Amargosin** ist ein amorpher, harzartiger Bitterstoff, den Putegnat (69) aus der Wurzelrinde von *Castela Nicholsonii* Hook (Simarubacee) gewonnen hat. Näheres über den Chemismus dieses Körpers ist nicht bekannt geworden. (Vgl. Mercks Jahresber. 1915, 248.)

12. **Ambrosia-Bitterstoff** ist nach Schwab (70) in den Blättern der *Ambrosia artemisifolia* L. (Composite) enthalten. Er kann aus der Pflanze mittels Äther oder Alkohol extrahiert werden und stellt ein amorphes Pulver dar, das wahrscheinlich glukosidhaltig ist. Da das getrocknete Kraut nahezu 3 % Glukoside enthalten soll, ist der Ambrosiabitterstoff vielleicht überhaupt ein bitteres Glukosid. Über die Zusammensetzung ist nichts in Erfahrung zu bringen.

13. **Anamirtin.** Im Rohpikrotoxin haben Barth und Kretschy (224) etwa 2 % eines ungiftigen, neutralen, nicht glukosidischen Körpers gefunden, für den sie die Formel $C_{19}H_{24}O_{10}$ aufstellten. Da es von den Komponenten des Rohpikrotoxins am leichtesten löslich ist, kann es mit dem gerade sehr schwer löslichen Cocculin (siehe dieses) kaum identisch sein, wie man zuweilen annehmen möchte. Es kristallisiert in Tafeln und besitzt keinen bitteren Geschmack.

14. **Andrographid** nennt Boorsma (71) den Bitterstoff der *Andrographis paniculata* N. (Acanthacee). Er ist in den Blättern zu 4,8% enthalten. Im reinen Zustande bildet er farb- und geruchlose vierseitige Tafeln, die sich in 26 Teilen Alkohol, weit weniger aber in Äther, Chloroform und Wasser (1:1000) lösen. Seine Formel ist $C_{15}H_{27}O_4$. Seine Lösungen sind neutral. In Schwefelsäure löst sich der Bitterstoff vorübergehend mit orangegelber Färbung, in Schwefelsäure und Ceroxyd mit purpurroter Färbung, die allmählich in Lila übergeht.

15. **Andirin** ist ein von Peckolt (72) beschriebener Bitterstoff aus dem Holze von *Andira anthelminthica* Benth. (Leguminose). Es ist in der Droge etwa zu 0,6% enthalten. Andirin ist ein gelbbraunes amorphes Pulver, das sich in Wasser mit intensiv gelber Farbe löst. Auch in Alkalien ist es mit dunkel rötlichbrauner Färbung löslich. Über den Chemismus des Bitterstoffes ist nichts näheres bekannt geworden. Außer diesem Körper ist im Holz der *Andira* auch noch ein bitteres Harz enthalten. Der Bitterstoff Andirin darf nicht mit dem Alkaloid Andirin aus der Geoffroyrinde von *Andira inermis* H. B. K. verwechselt werden, das auch Geoffroyin, Surinamin, Ratanhin und Angelin genannt wurde und nach Hiller-Bombien (72a) mit Methylthyrosin identisch ist.

16. **Andromedotoxin.** In den Blättern von *Andromeda japonica* Thunb. (Ericacee) fanden fast gleichzeitig Plugge und Eijkman im Jahre 1882 einen Bitterstoff giftiger Art, den Plugge (73) »Andromedotoxin« und Eijkman (74) »Asebotoxin« nannten. Es ist ein stickstofffreier, amorpher oder kristallinischer, nicht glukosidischer Körper von der Formel $C_{31}H_{50}O_{10}$, farblose Kristalle oder ein harz- bzw. glasartiger Stoff, der sich leicht zerreiben läßt, bei etwa 100° erweicht und bei 120° schmilzt. Am besten gewinnt man ihn, wenn man die Lösung des unreinen Bitterstoffes mit Petroläther fällt. Er ist in Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform mit neutraler Reaktion löslich, in Petroläther und Benzol unlöslich.

Derselbe Bitterstoff ist, wie Plugge, Parkinson (75) und Laschè (76) gezeigt haben, noch in einer großen Anzahl von Ericaceen vorzufinden, es existieren aber auch solche, die davon frei sind, wie z. B. nach Zaayer (77) *Rhododendron hirsutum*.

17. **Angosturin.** Die Angosturarinde von *Galipea officinalis* Hanc. = *Cusparia trifoliata* Engl. (Rutacee) enthält neben Alkaloiden einen Bitterstoff, das Angosturin, das Beckurts und Nehring (77a) isoliert haben. Man erhält ihn nach einem ziemlich umständlichen Verfahren als ein gelblichbraunes, kristallinisches Pulver, das der Zusammensetzung $C_9H_{12}O_5$ oder

$C_{18}H_{24}O_{10}$ entspricht. Es ist in Wasser und Alkohol löslich, in Äther unlöslich. Aus der Lösung in Eisessig kann es mittels Äther als weißes Pulver vom Schmelzpunkt 58° gefällt werden.

18. Anodendron-Bitterstoff wurde von Greshoff (77b) aus den Blättern von *Anodendron paniculatum* D. C. (Apocynacee) als kristallinisches Pulver gewonnen. Näheres ist über diesen Stoff nicht bekannt geworden.

19. Aphanamixis-Bitterstoff ist nach Boorsma (78) in der Fruchtwand von *Aphanamixis grandifolia* Bl. (Meliacee) enthalten. Er soll giftig sein. Er ist eine amorphe, in Alkalien lösliche Substanz. Sein Chemismus ist noch unbekannt.

20. Apocynamarin. Aus dem Rhizom von *Apocynum androsaemifolium* L. (Apocynacee) gewann Moore (79) einen glukosidischen Bitterstoff von der Zusammensetzung $C_{14}H_{18}O_3 + H_2O$ und dem Schmelzpunkt 170—175° unter Zersetzung. Später änderte der Autor die Formel auf Veranlassung von Finnemore (80) in $C_{28}H_{36}O_6 + 2\,H_2O$. Es ist intensiv bitter und giftig. Seine chemische Konstitution ist noch nicht erforscht, es besitzt aber im Molekül eine Methoxylgruppe und eine Karbonylgruppe, verhält sich nach Moore auch wie ein Aldehyd, da es ammoniakalische Silbernitratlösung und Kaliumpermanganatlösung reduziert. Bei vorsichtigem Erhitzen auf 110—115° verliert es sein Kristallwasser, ebenso beim Eindampfen mit Chloroform, wobei es als amorphe Masse von der Zusammensetzung $C_{14}H_{18}O_3$ resultiert. Diese geht beim Behandeln mit Äther und Wasser wieder in die kristallinische Form über.

21. Apocyntein. Einen digitalisähnlich wirkenden Bitterstoff fand v. Oefele (81) in den Schößlingen von *Apocynum venetum* L. (Apocynacee). Er beschrieb ihn als eine braune, zähweiche Substanz, die in Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform löslich ist. Ein reiner Körper dürfte es kaum gewesen sein. Als charakteristische Reaktionen gibt der Autor an, daß sich Apocyntein in konzentrierter Schwefelsäure mit sepiabrauner Farbe löst. Die Lösung bekommt nach Zusatz von Kaliumbromid nach einiger Zeit einen Stich ins Violette.

22. Aporetin, Erythroretin und Phaeoretin sind Bitterstoffe, die aus dem Rhizom von *Rheum officinale* B. bzw. *Rheum palmatum* L. (Polygonacee), der Rhabarberwurzel, von Schloßberger und Döpping (82) hergestellt und beschrieben worden sind. Sie dürften kaum Anspruch auf chemische Individualität haben, sind auch sonst nicht von Bedeutung geworden, so daß auf die Originalbehandlung der genannten Autoren verwiesen werden kann, ferner noch auf Kubly (83) und Tschirch und Heuberger (84). Nach letztgenannten Forschern sind Aporetin und Phaeoretin harzartige Körper und zwar unreine, schwer löslich gewordene Tannoglukoside.

23. Aristolochin. Mit diesem Namen sind drei verschiedene Körper bezeichnet worden, der Bitterstoff nach Peckolt (85), die Aristolochiasäure nach Pohl (86) und das Alkaloid nach Hesse (87). Peckolt fand in der Wurzel von *Aristolochia cymbifera* Mart. bzw. *Aristolochia grandiflora* Gom. (Aristolochiacee) 0,45% eines Bitterstoffes, der eine gelbe, kristallinische Masse darstellte. Sie löste sich leicht in Wasser und Alkohol, wenig in Äther. In Benzol, Petroläther und Chloroform war sie fast unlöslich. Die wässrige Lösung reagierte neutral und gab mit einigen Alkaloidreagenzien, wie Quecksilberchlorid, Goldchlorid, Tannin und Mayers Reagens (Quecksilberjodid-Jodkalium) Niederschläge. Über den Chemismus dieses Bitterstoffes ist nichts näheres bekannt geworden. Ob das von Pohl aus den Samen von *Aristolochia clematitis* L., *Aristolochia longa* und *A. rotunda* L. hergestellte Aristolochin damit identisch oder verwandt ist, muß dahingestellt bleiben. Der Autor beschreibt es als ein aus gelben Nadeln bestehendes Präparat, das bei 215° sich unter Bräunung und Verkohlung zu zersetzen beginnt. Es ist wahrscheinlich eine Harzsäure von der Formel

$$C_{32}H_{22}N_2O_{13}.$$

In seiner Löslichkeit in den gewöhnlichen organischen Lösungsmitteln ist es dem Bitterstoff von Peckolt ähnlich, woraus aber keine Schlüsse gezogen werden können. Zur Konstitution des Pohlschen Aristolochins, das man auch als Aristolochiasäure bezeichnet hat, hat sich Pohl nicht geäußert. Hesse möchte für die Aristolochiasäure die Formel $C_{17}H_{11}NO_7$

aufgestellt wissen. Das Alkaloid Aristolochin hat mit dem Bitterstoff und der Aristolochiasäure nichts zu tun. Es gibt übrigens auch noch ältere Aristolochiabitterstoffe. So beschreiben Walz und Winckler (88) einen »Clematidin« benannten Bitterstoff aus dem Kraut von *Aristolochia clematitis*. Der von Chevallier und Feneulle (88a) aus *Aristolochia serpentaria* L. hergestellte Bitterstoff »Serpentarin« ist nach Winckler mit seinem Bitterstoff identisch.

24. **Arnicin.** Der Bitterstoff der *Arnica montana* L. (Composite) ist namentlich in den Blüten dieser Pflanze enthalten. Er wurde von Lebourdais (89) im Jahre 1848 erstmalig isoliert, worauf ihn Pavesi (90), Walz (91) und Börner (92) näher untersuchten. Börner fand in den Arnikablüten 4% Arnicin und gab ihm die Formel $C_{12}H_{22}O_2$, während Walz die Formel $C_{70}H_{54}O_{14}$ aufstellte. Arnicin bildet, aus Azeton abgeschieden, eine kristallinische, in dünner Schicht gelbe, in dicker Schicht rotgelbe Masse, die bei 40° schmilzt und bei 83° siedet. Sie ist so zerfließlich, daß das Arnicin des Handels nur als dickflüssige Masse geliefert wird. In Wasser ist Arnicin nicht löslich, wohl aber in Alkohol, Äther, Azeton, Benzol und Alkalien. Allem Anschein nach handelt es sich um ein Bitterharz, dessen Zusammensetzung noch nicht näher erforscht worden ist.

25. **Artemisiabitterstoff.** Im sogenannten Wurmsamen, den nicht vollkommen entwickelten Blütenköpfchen der hauptsächlich in Turkestan einheimischen *Artemisia maritima* (Composite), findet sich neben den bekannten Bitterstoffen Santonin und Artemisin (siehe diese) ein nicht näher untersuchter Bitterstoff, der »Artemisiabitterstoff«. Er stellt nach Jahns (93) eine gelbe, harzartige Masse dar, die sich nur wenig in siedendem Wasser, reichlich in Alkohol, Äther, Benzol und Chloroform löst. In Alkalien löst er sich mit purpurroter Farbe. Er ist stickstoffrei und reduziert sowohl alkalische Kupferlösung als auch ammoniakalische Silbernitratlösung. Er soll wurmtreibende Eigenschaften besitzen.

26. **Artemisin.** Dieser Bitterstoff wurde von E. Merck in Darmstadt in der Mutterlauge des Santonins gefunden, wie von Mai (94) berichtet wurde. Es ist in den Blütenköpfchen von *Artemisia maritima* L. (Composite) neben Santonin und Artemisiabitterstoff (siehe diese) enthalten. Mit der Untersuchung dieses Körpers haben sich Freund und Mai (95), Horst (96) und namentlich Bertelo (97) beschäftigt. Hieraus ist ersichtlich, daß das Artemisin in seiner Zusammensetzung dem Santonin sehr nahe steht. Man nennt es auch Oxysantonin, obwohl es nach Bertelo im Molekül keine Hydroxylgruppe enthält. Jedenfalls ist es ein Säureanhydrid wie das Santonin und enthält denselben Kern wie dieses. Seine empirische Formel ist $C_{15}H_{18}O_4$. Es bildet farblose Kristalle vom Schmelzpunkt 202°, die sich wenig in Wasser, leicht in Alkohol lösen. Löst man es in ätzenden Alkalien, so bildet sich das Alkalisalz einer unbeständigen Säure, der Oxysantoninsäure, $C_{15}H_{20}O_5$, als deren Lakton das Artemisin betrachtet werden kann. Beim Kochen mit Sodalösung bildet sich eine intensiv rote Lösung, die beim Erkalten wieder farblos wird. Aus dieser Lösung kann durch Säuren wieder unverändertes Artemisin abgeschieden werden. Durch Oxydation mit alkalischer Permanganatlösung wird es in Santonin übergeführt. Mit Chloroform geht es eine lockere Verbindung $C_{15}H_{18}O_4 + CHCl_3$ ein, die bei 80° wieder in ihre Bestandteile zerfällt. Diese Verbindung hat man zur Trennung des Artemisins vom Santonin mit Vorteil verwendet.

27. **Asclepion,** ein harzartiger Bitterstoff, wurde von List (97a) aus dem Milchsaft von *Asclepias syriaca* L. (Asclepiadacee) durch Extraktion mit Äther gewonnen. Es bildet weiße, blumenkohlähnliche, kristallinische Massen, zuweilen wird es auch in konzentrisch gruppierten Kristallen erhalten. Beim Erhitzen schmilzt es und erstarrt dann zu einer klaren, amorphen Masse. Es schmilzt bei 104°. Seine empirische Formel lautet $C_{20}H_{34}O_3$. In Wasser und Alkohol ist es unlöslich, leicht löslich in Äther. In heißer Kalilauge löst es sich nicht. Von Warden und Waddel (97b) wurden die Eigenschaften des Asclepions, das sie aus *Asclepias gigantea* L. gewonnen hatten, bestätigt.

28. **Athamantin.** Ein Bitterstoff aus den Wurzeln von *Athamanta oresolinum* L. = *Peucedanum oresolinum* Mönch (Umbellifere) wurde von Schnedermann und Winckler (98), Hlasiwetz und Weidel (99) sowie von E. Schmidt (100) erwähnt. Es bildet farblose Prismen vom Schmelzpunkt 79°, die in Alkohol und Äther, nicht aber in Wasser löslich sind. Seine empirische Formel lautet $C_{24}H_{30}O_7$. Durch Salzsäure wird es in »Oreoselon«, $C_{14}H_{12}O_4$ (Hlasiwetz) und Baldriansäure gespalten. Erwiesen ist es aber nach Hlasiwetz nicht, daß das Oreoselon aus Athamantin mit dem aus Peucedanin (siehe dieses) identisch ist.

29. **Aulomyrcia-Bitterstoff** wird von Peckolt (101) beschrieben. Er wird aus den Samen von *Aulomyrcia ramulosa* Bg. (Myrtacee) als geblichweißes Pulver gewonnen, das in Wasser mit neutraler Reaktion löslich ist. Auch in Alkohol, Äther und Chloroform ist er löslich. Er reagiert mit verschiedenen Alkaloidreagenzien. Über seine chemische Zusammensetzung verlautet nichts.

30. **Aurantiamarin** ist nach Tanret (101a) der glukosidische Bitterstoff aus den sogenannten Pomeranzenschalen, den Schalen von *Citrus aurantium* Risso (Rutacee-Aurantioidee). Es ist eine amorphe, sehr bitter schmeckende Substanz, die in Wasser und Alkohol löslich, in Äther und Chloroform unlöslich ist. Als Formel ließe sich $C_{22}H_{31}O_{15}$ berechnen. Näher untersucht wurde der Bitterstoff nicht; Tanret vermutet, daß es in seiner Zusammensetzung dem bekannten Hesperidin nahesteht.

31. **Avornin** ist ein glukosidischer Bitterstoff, den Kubly (102) in der Faulbaumrinde, der Rinde von *Rhamnus frangula* L. (Rhamnacee) neben Frangulin gefunden haben will. Nach Faust (103) war es nur unreines Frangulin.

32. **Azadirachtin.** Aus der Rinde von *Melia azadirachta* L. (Meliacee) hat schon im Jahre 1857 Cornish (104) einen Bitterstoff isoliert, den er »Margosin« nannte und für ein Alkaloid hielt. Dragendorff (Heilpflanzen 1898, 361) spricht von einem »Mangrovin«. Nachdem Piddington (105) bereits einen bitteren Stoff aus genannter Rinde hergestellt hatte, der ein kristallisierter Körper gewesen sein soll, hat auch Landerer (106) einen bitteren Extraktivstoff daraus hergestellt und »Azadirachtin« genannt. Broughton (107) fand nur einen harzartigen Körper, der sehr bitter schmeckt, bei 92° schmilzt und sich in heißen Alkalien löst. Die auf Grund seiner Analyse aufgestellte Formel lautet $C_{36}H_{100}O_{11}$.

33. **Baphiin.** Wenn man das Holz der *Baphia nitida* Lodd. (Leguminose, Caesalpinioidee) mit Alkohol und Äther auszieht, erhält man nach Anderson (108) den Bitterstoff Baphiin, $C_{24}H_{20}O_8$, farblose Kristalle, die unter 200° schmelzen, in Wasser so gut wie unlöslich und in Alkohol und Äther leicht löslich sind. In alkoholischer Lösung mit Bleiazetat behandelt, geht das Baphiin in das Bleisalz der Baphiinsäure, $C_{24}H_{22}O_{10}$, über, die aus dem Bleisalz durch Schwefelwasserstoff isoliert und unkristallisiert, in Alkohol und Äther ebenfalls leicht löslich ist.

34. **Becuibin** nennt Peckolt (109) einen Bitterstoff, den er aus der Rinde bzw. dem aus der Rinde ausfließenden roten Saft (Becuibablut) der *Myristica bicuhyba* Schott (Myristicacee) isoliert hat. Es war ein hellrötliches, körnig kristallinisches Pulver und zeigte unter dem Mikroskop unregelmäßige Rhomboeder. Becuibin ist in kaltem Alkohol, kaltem Wasser und Äther unlöslich, in heißem Wasser und Alkohol löslich. Die alkoholische Lösung zeigt eine bläuliche Fluoreszenz. In Alkalien löst sich Becuibin nicht, wohl aber in Ammoniakflüssigkeit, aus der es durch Säuren in rötlichen Flocken ausgeschieden wird. Gegen chemische Agenzien ist es ziemlich indifferent.

35. **Bellis-Bitterstoff** aus den Blütenköpfchen von *Bellis perennis* L. (Composite) konnte von Enz (109a) nur in Form einer gelben, amorphen Substanz erhalten werden, die sich wenig in Wasser, reichlicher in Alkohol und Äther löste. Er war nicht glukosidischer Natur.

36. **Bergenin.** Aus verschiedenen Saxifragaceen, namentlich der *Saxifraga sibirica*, haben Garreau und Machelart (110) einen Bitterstoff gewonnen, den sie Bergenin nannten. Es ist ein kristallinischer, farbloser Körper (Prismen oder Tetraeder) von der Zusammensetzung $C_6H_6O_3 \cdot H_2O$, der bei 140° schmilzt und ein Molekül H_2O abgibt. Die hierbei ent-

standene amorphe Masse nimmt an feuchter Luft wieder Wasser auf und verwandelt sich in Tetraeder. In Wasser und Alkohol löst sich Bergenin nur wenig. Mit dem Bergenin ist sehr wahrscheinlich der von Morelle (111) aus *Bergenia sibirica* (= *Saxifraga sibirica* L.) isolierte »Bergenit« identisch. Der Autor beschreibt ihn als kleine, sehr bitter schmeckende, orthorhombische Kristalle von der Formel $C_8H_6O_6$, deren Lösung optisch linksdrehend ist ($\alpha_D = -51{,}36$). Sie lösen sich in kaltem Wasser und Alkohol nur wenig, leichter beim Erwärmen. Bergenit schmilzt bei 130°, zersetzt sich bei 230° und verliert beim Erhitzen Wasser. Glukosidischer Natur scheint er nicht zu sein. Der Autor vermutet im Bergenit einen fünfatomigen Alkohol von der Formel $C_{16}H_{24}O_{12}$.

37. **Betulin** findet sich, wie schon Lowitz (112) im Jahre 1788 beobachtete, in der Oberhaut der Rinde der Birke, *Betula alba* L. (Betulacee). Über seine Herstellung und Zusammensetzung haben Hünefeld (113), Masson (114), Heß (115), Stähelin und Hofstetter (116), Beilstein und Wileschinsky (117), Hausmann (118), Paternó und Spica (119), Franchimont (120), Wheeler (121), Grasser (122) und Traubenberg (123) berichtet. Als Formel wird gewöhnlich $C_{36}H_{60}O_3$ angegeben, Traubenberg ist aber für die Formel $C_{24}H_{40}O_2$ bzw. $C_{24}H_{38}(OH)_2$. Es kristallisiert mit $^1/_2H_2O$, welches es bei 120—130° verliert, wobei es in ein Anhydrid übergeht, das der Formel $C_{36}H_{58}O_2$ entspricht. Es schmilzt bei 252° (nach Wheeler bei 257,8°) und sublimiert im Luftstrom in Nadeln. Traubenberg hält es für ein zweiwertiges, rechtsdrehendes Phytosterin. In Wasser ist es unlöslich. In Alkohol ist es bei gewöhnlicher Temperatur wenig löslich, ebenso in Äther und Chloroform, löst sich aber wesentlich leichter in diesen Flüssigkeiten bei deren Siedetemperatur. In reinem Zustande besitzt Betulin keinen bitteren Geschmack, wohl aber das mit Salpetersäure erhaltene Oxydationsprodukt, die Betulinamarsäure, $C_{36}H_{52}O_{16}$, die in Wasser schwer, in Alkohol und Äther leicht löslich ist. Identitätsreaktionen des Betulins siehe Traubenberg (123) und Mercks Reagenzien-Verzeichnis 1924, 559.

38. **Beringelid.** In den frischen Früchten von *Solanum melongena* L. var. *Beringela amarella* (Solanacee) ist nach Peckolt (124) Beringelid, ein Bitterstoff, in Mengen von nahezu 0,5 % enthalten. Er wurde mittels der Tanninfällungsmethode daraus gewonnen und stellte ein gelbliches Pulver dar, das in Wasser mit neutraler Reaktion löslich war. Auch in Essigsäure und Alkohol war er löslich und gab mit verschiedenen Alkaloidreagenzien, wie Kaliumjodid, Quecksilberchlorid, Goldchlorid und Tannin, Niederschläge. Über seinen Chemismus verlautet nichts.

39. **Bixa-Bitterstoff** aus den frischen Blättern von *Bixa orellana* L. (Bixacee) isolierte Peckolt (125) durch Extraktion mit Alkohol. Der Extrakt wurde mit Wasser gelöst und nach dem Ausschütteln mit Petroläther, Chloroform und Äther mit Amylalkohol ausgezogen, nach dessen Verdampfen der Bitterstoff als transparente, firnisähnliche, zu gelbem Pulver zerreibbare Masse hinterblieb. Die wässrige Lösung reagiert neutral. Außer in angesäuertem Wasser und heißem Wasser löst er sich in Alkohol und Amylalkohol. In Essigäther ist er nur in Spuren löslich. Die wässrige Lösung reagiert mit Quecksilberchlorid, Goldchlorid und Mayers Reagens.

40. **Bonducin (Guillandinin)** ist nach Heckel und Schlagdenhauffen (126) in den Samenkotyledonen von *Caesalpinia bonducella* Fl. = *Guillandina bonducella* L. (Leguminose, Caesalpinioidee) enthalten. Es ist ein weißer Körper von der Zusammensetzung $C_{14}H_{15}O_5$, leicht löslich in Alkohol, Chloroform, Azeton, Eisessig und fetten Ölen, wenig in Äther und Schwefelkohlenstoff, kaum in Wasser und Petroläther. Aus der alkoholischen Lösung wird es durch Wasser in weißen Flocken abgeschieden. Bonducin schmilzt bei 145°, nachdem es sich aufgebläht hat. Löst man etwas in eisenchloridhaltiger Schwefelsäure, so entsteht eine dunkelbraune Färbung, die allmählich in Amarantrot übergeht.

41. **Bowdichia-Bitterstoff.** In der Wurzelrinde von *Bowdichia major* Mart. (Leguminose) hat Peckolt (127) einen Bitterstoff festgestellt, dessen chemische Zusammensetzung nicht näher beschrieben wurde. Es läßt sich auch nicht erkennen,

ob er mit Alkornin (siehe dieses) identisch ist. Peckolt gibt nur an, daß der Bitterstoff in Wasser und Alkohol löslich ist, mit Tannin aus seiner wässrigen Lösung gefällt werden kann, und daß er mit Eisensalzen eine blutrote Färbung liefert.

42. **Brucamarin.** In den Früchten von *Brucea sumatrana* Roxb. (Simarubacee) findet sich nach Eyken (128) ein Bitterstoff, dessen Zusammensetzung noch nicht näher erforscht worden ist. Es ist eine kristallinische, bei 215° schmelzende Substanz, die sich oberhalb der Schmelztemperatur zu zersetzen beginnt. In Wasser und Äther ist es schwer, in Alkohol, Chloroform, Benzol und Alkalien leicht löslich. Aus der alkalischen Lösung wird es durch Säuren wieder unverändert abgeschieden. Mit Alkaloidreagenzien, wie Tannin, Mayers Reagens usw., wird das Brucamarin nicht gefällt, obwohl es stickstoffhaltig ist. Beim Erhitzen mit Natronlauge entwickelt es Tabakgeruch. In konz. Schwefelsäure löst es sich mit violetter Färbung. Es ist giftig. Nach Power (129) ist auch in den Früchten von *Brucea antidysenterica* Lam. ein (amorpher) Bitterstoff enthalten. Sálway und Thomas (130) fanden auch in der Rinde von *Brucea sumatrana* und *B. antidysenterica* Bitterstoffe.

43. **Brucea-Bitterstoff.** Aus der Wurzel einer Simarubacee, nach Holmes vermutlich der *Brucea macrophylla*, gewann Finnemore (130 a) durch Extraktion mit Alkohol einen kristallinischen Bitterstoff vom Schmelzpunkt 219—224°. Über seinen Chemismus verlautet nichts.

44. **Buxhanin** bezeichnet Peckolt (131) einen aus den Fruchtschalen von *Luffa operculata* Cogn. (Cucurbitacee) gewonnenen Bitterstoff (0,38 %). Es ist eine amorphe Substanz, die beim Zerreiben ein weißgelbliches Pulver liefert. Es besitzt einen ekelerregenden, bitteren Geschmack. In Petroläther, Benzol, Chloroform und Äther ist es unlöslich, löslich hingegen in Alkohol, Methylalkohol, Amylalkohol und Wasser. In wässriger Lösung wird es von Mayers Reagens, Quecksilberchlorid, Tannin, Jodjodkalium und Phosphormolybdänsäure gefällt. Über seinen Chemismus ist nichts Näheres bekannt.

45. **Calendulin,** das nach Geiger (132) aus den Blättern und Blüten von *Calendula officinalis* L. (Composite) hergestellt werden kann, dürfte kein eigentlicher Bitterstoff sein, wenn er für gewöhnlich auch in dieser Gruppe aufgeführt wird. Es ist eine gelbliche, durchscheinende Masse, die in Wasser nur gallertartig aufquillt, sich hingegen in Ammoniakflüssigkeit und Ätzalkalien löst. Aus diesen Lösungen wird es durch Säuren wieder abgeschieden. In Äther ist es unlöslich, löslich in Alkohol und Eisessig. Die alkoholische Lösung wird durch Quecksilberchlorid und Bleiazetat, nicht von Tannin gefällt. Fielke (133) fand in den Blüten von Calendula ein gelbes, in Alkohol und Äther lösliches Harz. Es kann mit dem Calendulin nicht identifiziert werden.

46. **Californin.** Im Jahre 1843 hat Winckler (134) angeblich aus der Rinde von *China californica* (Rubiacee) einen Bitterstoff hergestellt, den er »Californin« nannte. Es war eine goldgelbe, amorphe Masse, die in Wasser und Alkohol leicht löslich, in Äther unlöslich war. In wässriger Lösung wurde das Californin von Alkaloidreagenzien nicht gefällt, woraus Winckler schloß, daß es kein Alkaloid sein könne. Wie Hesse (135) später mitteilte, handelte es sich aber nicht um eine Chinarinde, sondern um *Symplocos racemosa* Roxb. (Styracacee), aus der der Bitterstoff gewonnen worden war. Die Rinde von Symplocos wurde von Vogl (136) näher beschrieben.

47. **Canellin,** das von Henry (137), Petroz und Robinet (138) aus der Rinde von *Canella alba* Murr. (Winteranacee-Canellacee) gewonnen wurde, wird wohl nur aus Versehen unter die Bitterstoffe gezählt, denn es ist eigentlich nichts anderes als Mannit. Beim Ausziehen der Rinde geht dieser neben einem nicht näher untersuchten Bitterstoff in die wässrige Lösung über, der aber nach Meyer und Reiche (139) nach der Abscheidung des Canellins = Mannits in der Mutterlauge zurückbleibt.

48. **Carapin.** In der Rinde der *Carapa procera* D.C. = *Carapa touloucouna* G. et Per. (Meliacee) haben Petroz und Robinet sowie Boullay (140) angeblich eine organische Base gefunden, die sie »Carapin« nannten. Später hat Caventou (141) einen Bitterstoff aus der Droge gewonnen, den er »Touloucounin«

nannte, eine gelbe, klare, harzartige, neutrale Substanz von der Formel $C_{10}H_{28}O_4$. Dieser Bitterstoff wird auch »Carapin« genannt. Er ist in Wasser sehr schwer, in Alkohol, Äther und Chloroform leicht löslich.

49. Carmedicin bezeichnet Hay (142) einen Bitterstoff aus den Blättern von *Carmedik*, einer im Kapland wachsenden Distel, deren botanische Abstammung noch nicht genau bekannt ist. Wahrscheinlich ist es *Carthamus lanatus* L. (Compositе), welche die Mutterpflanze des Carmediks ist. Der Bitterstoff bildet farblose Kristalle, die in Wasser wenig, leichter in Alkohol und Äther löslich sind. Aus der wässrigen Lösung wird er durch Bleiazetat und Tannin gefällt, während die üblichen Alkaloidreagenzien keine Fällung verursachen. Möglicherweise ist Carmedicin mit Cnicin (siehe dieses) identisch.

50. Carobin. Dieser Bitterstoff findet sich in den Blättern von *Jacaranda copaia* Don. = *Jacaranda procera* Spreng. (Bignoniacee). Nach Peckolt (143) bildet er seidenartige Nadeln, die in heißem Wasser und heißem Alkohol löslich sind, sich in Äther aber nicht lösen. Die wässrige Lösung gibt mit Antimonylkaliumtartrat einen Niederschlag, während die üblichen Alkaloidreagenzien keine Fällung verursachen. Näher erforscht ist der Bitterstoff nicht. Hesse (144) hat die Carobablätter schon vor Peckolt untersucht, darin aber nichts als eine geringe Menge Harz finden können.

51. Cascara-Bitterstoff. Aus der Rinde von *Rhamnus Purshiana* D. C. (Rhamnacee) gewann zuerst Gilpin (145) eine pharmazeutische Präparation unter Zuhilfenahme von gebrannter Magnesia, da er von der Ansicht ausging, daß ein bitteres Harz der therapeutische Bestandteil der Droge sei. Das scheint aber nicht zuzutreffen, wenigstens nicht für das von Dohme (146) hergestellte sauer reagierende Harz. Vielleicht von der Gilpinschen Ansicht ausgehend, befreite er das Cascarafluidextrakt durch Erhitzen vom Alkohol, versetzte mit gebrannter Magnesia, behandelte den erhaltenen Niederschlag mit Alkohol, verdampfte die alkoholische Lösung und behandelte den Rückstand mit Schwefelsäure. Der in Lösung gebliebene Teil wurde mit Äther extrahiert, der nach dem Verdunsten ein hellbraunes Harz, den Cascarabitterstoff, hinterließ. Durch Alkalien kann das Harz in zwei nicht näher erforschte Substanzen geschieden werden.

52. Cascarillin. Der Bitterstoff der Cascarillrinde von *Croton eluteria* Benn. (Euphorbiacee) wird nach dem Bleiazetatverfahren gewonnen. Nach seinem Entdecker Duval (147) haben sich noch Tuson (148), C. und E. Mylius (149), Naylor und Littlefield (150) mit dem Studium dieses Körpers befaßt. Nach Mylius bildet er weiße, nadelförmige Kristalle vom Schmelzpunkt 205° und der Zusammensetzung $C_6H_9O_2$ bzw. $C_{12}H_{18}O_4$ und nach Naylor $C_{16}H_{24}O_5$. Er ist in Wasser schwer löslich, ebenso in kaltem Alkohol und Chloroform, leicht löslich in heißem Alkohol und Äther. Er besitzt keine glukosidische Natur und löst sich in konz. Schwefelsäure mit roter Färbung.

Allessandri (151) hat eine besondere Darstellungsmethode des Cascarillins mit Oxalsäure angegeben, nach der die Rinde mit 3%iger wässriger Oxalsäure ausgezogen wird. Dieser Bitterstoff löste sich in Schwefelsäure mit kirschroter Färbung, die allmählich in Grünviolett bis Grün überging. Im Gegensatz zum Cascarillin - Duval enthielt er Stickstoff, der jedenfalls auf Verunreinigungen zurückzuführen war.

53. Castin ist nach Literaturangaben ein Bitterstoff, den Landerer (152) aus den Samen von *Vitex agnus castus* L. (Verbenacee) neben dem Alkaloid Viticin gewonnen und beschrieben haben soll. In seiner Originalabhandlung spricht genannter Autor allerdings von zwei Extraktionen, die er mit Alkohol oder verdünnter Salzsäure bewerkstelligt habe, es geht aber aus seinen Mitteilungen nicht hervor, daß er zwei Stoffe gefunden habe. Auch nennt er weder den Namen »Castin«, noch den Namen »Viticin«. Die kristallinische Masse war möglicherweise ein Bitterstoff, denn Schneegans (153) konnte bei der Nachprüfung in den genannten Samen kein Alkaloid feststellen. Er meint allerdings selbst, daß dieses widersprechende Ergebnis vielleicht darin seinen Grund habe, daß er nicht die von Landerer verwandte, in Griechenland gewachsene Pflanze benützt habe.

54. **Catalpin** ist der nach Brown (154) wahrscheinlich glukosidische Bitterstoff aus der Frucht und der Rinde von *Catalpa bignonioides* Walt. (Bignoniacee), über den Claassen (155) berichtet hat. Er bildet weiße Nadeln, die in Wasser, Alkohol und Amylalkohol leicht, wenig in Äther und Chloroform löslich sind. Die wässrige Lösung wird durch Bleisubazetat, nicht aber durch Bleiazetat gefällt. Auch Tannin und andere Alkaloidfällungsreagenzien bewirken keinen Niederschlag.

55. **Cathartin** (Sennecathartin) wurde von Feneulle und Lassaigne (156) als der Bitterstoff aus den Blättern von *Cassia acutifolia* Lam. s. Del. (Leguminose), den sogenannten Alexandrinischen Sennesblättern, bezeichnet. Sie beschreiben ihn als eine hygroskopische, amorphe, rötlichgelbe Masse von bitterem, ekelerregendem Geschmack, löslich in Wasser und Alkohol, unlöslich in Äther. Aus der wässrigen Lösung wird der Bitterstoff durch Tannin und Bleisubazetat gefällt, Bleiazetat fällt nicht. Bernath (157) hat aus den Sennesblättern ein bitteres Harz hergestellt, das alkohollöslich war. Einen bitterschmeckenden Farbstoff haben Bley und Diesel (158) aus verschiedenen Sennesblättern isoliert, den sie »Chrysoretin« nannten. Er stellt eine amorphe, bräunlichgelbe, dem Curcumin ähnliche Masse dar, die sich in Wasser nur wenig löst, in Alkohol und Äther aber leicht löslich ist. Die Lösung wird durch Bleisubazetat, Zinnchlorür und Mercuronitrat gefällt. In Alkalien ist Chrysoretin mit roter Farbe löslich und wird aus dieser Lösung durch Säuren in gelben Flocken ausgefällt. Es ist stickstoffrei. Bley hält das Cathartin für ein Gemenge von Chrysoretin und dem braunen Harz der Senna. Ähnlich äußert sich Martius (159), der auch das Sennabitter von Winckler (160) für eine Verbindung von Bitterstoff und Chrysoretin hält.

56. **Cayaponin.** Aus dem Samen der *Cayaponia cabocla* Mart. (Cucurbitacee) kann man einen kristallisierten und einen amorphen Bitterstoff gewinnen. Andrade (161) hat im Jahre 1855 gelbe Kristalle, Peckolt (161) weiße Kristalle erhalten. Sie sind unlöslich in Wasser, Benzol, Petroläther und Ammoniakflüssigkeit, löslich in Alkohol, Amylalkohol und Chloroform mit neutraler Reaktion. Mit Phenol und Schwefelsäure liefern sie eine cochenillerote Färbung. Peckolt hat auch einen amorphen Bitterstoff hergestellt. Er bildet ein gelblichbraunes Pulver, das in Wasser und Alkohol löslich ist. Es löst sich in Schwefelsäure mit rotbrauner und in Natronlauge mit orangegelber Farbe. Die wässrige Lösung gibt mit Jodjodkalium, Quecksilberchlorid und Tannin Niederschläge. Über die chemische Zusammensetzung dieser beiden Bitterstoffe ist nichts Näheres bekannt geworden.

Ob das von Gubler (162) genannte Cayaponin mit dem Cayaponbitterstoff von Peckolt identisch war, ist zweifelhaft.

57. **Cedrin.** Die *Simaba cedron* Planch. (Simarubacee) ist ein Baum, dessen bohnenartige Früchte einen Bitterstoff enthalten. Lewy (163) stellte ihn zuerst her und nannte ihn »Cedrin«. Auch Rabot und Charsai (164) erwähnen den Bitterstoff. Fabrikatorisch wurde er zuerst von E. Merck (165) in Darmstadt im Jahre 1887 hergestellt. Cedrin, nach Stieren (166) auch »Cedron« genannt, bildet farblose Kristalle, die in Wasser nur wenig mit neutraler Reaktion löslich sind. Es ist ferner in Alkohol, Äther und Chloroform löslich. Über seine Konstitution ist noch nichts bekannt geworden. Es darf nicht mit dem aus Cedren durch Oxydation gewonnenen Cedron, einem Terpenderivat von der Formel $C_{15}H_{22}O$, verwechselt werden.

Mit dem Cedrin ist das sogenannte »Cail-Cedrin« nicht identisch. Es ist das ein Bitterstoff aus der Rinde von *Swietenia senegalensis* Desv. (Meliacee), von dem Caventou (167) berichtet hat. Es ist ein harzartiger, gelber Körper, der sich leicht in Alkohol und Äther, schwer in Wasser löst. Er ist ebenfalls nicht näher untersucht worden.

58. **Celastrus-Bitterstoff.** In den Samen von *Celastrus paniculatus* Willd. (Celastracee) ist nach Dymock (168) ein bitteres, in Wasser unlösliches, in Alkohol lösliches Harz enthalten. Es ist nicht zu verwechseln mit dem von Mosso (169) aus *Celastrus edulis* Vahl hergestellten Alkaloid »Celastrin«.

59. **Cephalanthin** ist ein glukosidischer Bitterstoff aus der Rinde von *Cephalan-*

thus occidentalis L. (Rubiacee), der von Hattan (170), Claassen (171) und Mohrberg (172) beschrieben wurde. Es ist ein weißes, amorphes Pulver, das sich in Wasser nur sehr wenig mit saurer Reaktion löst und noch in einer Verdünnung 1 : 15 000 bitteren Geschmack erkennen läßt. Auch in Äther und Chloroform ist es wenig löslich, leichter in Alkohol, Amylalkohol, Essigäther, Ammoniakflüssigkeit und Natronlauge. In Natriumkarbonatlösung löst es sich weit schwerer als in fixen Alkalien. In Salpetersäure löst es sich beim Erwärmen mit orangegelber Färbung, in Schwefelsäure vorübergehend orange. Nach Mohrberg kommt ihm die Formel $C_{22}H_{34}O_6$ und der Schmelzpunkt 180 ° zu. Als Amarum soll ihm eine besondere pharmakologische Wirkung eigen sein, die den üblichen Bittermitteln nicht entspricht.

60. Ceratophyllin. Aus *Parmelia physodes* Ach. = *Parmelia ceratophylla* var. *physodes* (Parmeliacee) hat Gerding Physodin (siehe dieses) gewonnen. Hesse (173) erzielte aus dieser Flechte einen anderen Körper, das sogenannte »Ceratophyllin«. Es kristallisierte in weißen Prismen, die in Wasser, Alkohol, Äther, Ammoniak und Alkalien löslich waren. Nach Angabe Hesses färbt sich die alkoholische Lösung mit Eisenchlorid purpurviolett, mit Chlorkalk blutrot. Mit Silbernitrat und Bleisubazetat gab sie keine Fällung. In konz. Schwefelsäure löste es sich farblos und unverändert. Sein Schmelzpunkt liegt bei 147 °, seine Formel ist nicht berechnet worden.

61. Cerberin (Cerberid). Aus den Samen von *Cerbera odollam* Gaertn. (Apocynacee) hat de Vrij (174) im Jahre 1884 einen Bitterstoff hergestellt, den er »Cerberin« nannte. Es läßt sich nach Plugge (175) etwa in Mengen von 0,1% gewinnen. Es ist ein Herzgift. Aus Alkohol kristallisiert stellt es farblose Kristalle dar, die bei 180—185 ° gelb werden und bei 191—192 ° schmelzen. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $C_{27}H_{40}O_8$. Cerberin ist optisch linksdrehend. In Wasser und Petroläther ist es nur sehr wenig löslich, wenig in Äther, weit besser in Alkohol, Amylalkohol, Eisessig und Chloroform. Löst man es in kalter Schwefelsäure, so erhält man eine orangegelbe Färbung, die allmählich in Violett und Blau übergeht. (Plugge gibt eine große Zahl von Identitätsreaktionen an.) Nach Plugge ist Cerberin glukosidischer Natur, da es beim Kochen mit Schwefelsäure in alkoholischer Lösung in Zucker und Cerberetin, $C_{19}H_{26}O_4$, einen gelben, amorphen, in Wasser fast unlöslichen Körper vom Schmelzpunkt 85,5 ° übergeht. Von Greshoff (176) wurde die glukosidische Eigenschaft des Cerberins aber bestritten. Das von E. Merck (177) im Jahre 1892 beschriebene Cerberin ist mit dem Cerberin von de Vrij und Plugge nicht identisch. Es wird aus den Samen von *Cerbera thevetoides* H. B. gewonnen und »Cerberid« genannt, um Verwechslungen vorzubeugen. Das Cerberid, $C_{25}H_{38}O_{12}$, ist ein amorphes, gelbliches, in Wasser lösliches Pulver, das bei der Hydrolyse Cerberiresin und Glukose liefert, somit ein Glukosid ist. Mit dem von Herrera (178) aus denselben Samen hergestellten Thevetosin stimmt es in seinen chemischen Eigenschaften nicht überein.

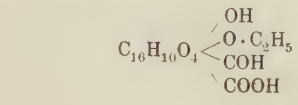
62. Ceroxylin ist ein von Bonastre (179) aus dem Wachs des *Ceroxylon anticola* Heimb. (Palme) hergestellter Bitterstoff von der Formel $C_{20}H_{32}O$. Es bildet angeblich weiße Nadeln, die über 100 ° schmelzen und in Alkohol, Äther und fetten Ölen leicht löslich sind. Auch von Boussingault (180) wird das Ceroxylin (Cerosilin) beschrieben. Hiernach stammt der bittere Geschmack wahrscheinlich von einer Verunreinigung.

63. Cestrumid ist nach Peckolt (181) ein Bitterstoff, der in der Rinde und in den Blättern von *Cestrum laevigatum* Schl. (Solanacee) in Mengen von ungefähr 0,1% enthalten ist. Er kann mittels der Tanninfällungsmethode gewonnen werden, stellt ein hellgelbes Harz bzw. Pulver dar, das sich in Wasser mit neutraler Reaktion löst. Auch in Äther, Essigäther, Alkohol und Methylalkohol ist er löslich. In wässriger Lösung reagiert er mit Jodjodkalium, Pikrinsäure, Goldchlorid, Quecksilberchlorid und Tannin unter Bildung von Niederschlägen. In konzentrierter Schwefelsäure löst sich Cestrumid mit purpurroter Farbe. Über seinen Chemismus ist nichts bekannt.

64. Cetrarin. Aus dem isländ. Moos, der *Cetraria islandica* Ach. (Parmeliacee) gewinnt man einen Flechtenbitterstoff, das

Cetrarin oder Pikro-Lichenin Cetrariae. Es verleiht der Flechte einen bitteren Geschmack, der ihre Anwendung als Nahrungsmittel stark beeinträchtigt. Mit der Frage, ob sich die Flechte nicht allgemein als Nährmittel verwenden ließe, soll sich schon Berzelius (182) beschäftigt haben. Nach Hansteen (183) und Poulson (184) enthält die Flechte in der Tat genügende Mengen von Stärke, Lichenin und Fett, daß sie in besagter Richtung verwendet werden könnte, wenn sie nur entbittert werden könnte. Da sie aber nur in den Zeiten der Not heranzuziehen versucht wird, hat man sich in praxi mit der Entbitterung noch nicht ernstlich befaßt. Übrigens kommt der Bitterstoff auch noch in anderen Flechten vor, wie in *Cladonia rangiferina* Fr. (Lecidee) und *Cladonia silvatica* sowie in *Cetraria fahlunensis*.

Schon von Berzelius (185) und Rigatelli (186) im isländischen Moos erkannt, wurde es von Herberger (187) in reinem Zustande gewonnen. Später berichten dann noch Knop und Schnedermann (188), Hilger und Buchner (189), Zopf (190), Hesse (191) und Simon (192) über die Herstellung und Eigenschaften des Bitterstoffes. Hiernach ist er eine Säure, weshalb er auch »Cetrarsäure« genannt wird. Bezüglich der Konstitution des Cetrarins ist man noch nicht ins Klare gekommen. So stellen Knop und Schnedermann die Formel $C_{18}H_{16}O_8$, Hilger und Buchner $C_{30}H_{20}O_{12}$, Hesse $C_{26}H_{20}O_{12}$ und Simon $C_{20}H_{18}O_9$ auf. Nach Simon ist die Cetrarsäure in der Cetraria präformiert, nach Hesse bildet sie sich erst unter der Einwirkung der zur Extraktion verwendeten Alkalien aus der Protocetrarsäure, $C_{30}H_{22}O_{15}$, oder Fumarprotocetrarsäure, die in der Flechte vorhanden ist. Hesse hielt die Cetrarsäure auch mit Triäthylprotocetrarsäure, $C_{51}H_{39}O_{24}(OC_2H_5)_3$ oder $3\,C_{18}H_{13}O_5(C_2H_5)$, für identisch, der vermutlich folgende Formel zukommt:



Simon bestreitet die Ansicht Hesses, daß die Cetrarsäure in der Cetraria nicht schon als solche vorhanden sei. Er hält es nicht für ausgeschlossen, daß Cetrarin der Methylester der Protocetrarsäure ist.

Das Cetrarin des Handels bildet ein weißes, kristallinisches Pulver, das in Wasser sehr wenig löslich ist; leichter löst es sich in Alkohol und Alkalien. Beim Erhitzen auf 200—230° verkohlt es, ohne vorher zu schmelzen.

65. Chekenbitterstoff nennt Weiß (193) einen aus den Blättern von *Myrtus cheken* Spr. = *Eugenia chequen* Mol. (Myrtacee) herstellbaren Körper, der stickstoffrei und nicht glukosidisch ist. Er ist eine ungiftige, amorphe, gelbbraune Masse, leicht löslich in Alkalien, Alkohol, Äther und Chloroform, unlöslich in Wasser und Petroläther. Aus der alkoholischen Lösung wird er durch Wasser als gelbbraunes amorphes Pulver gefällt. Schmilzt bei etwa 80°.

66. Chelidoxanthin. In Wurzel, Kraut und Blüte von *Chelidonium majus* (Papaveracee) findet sich nach Probst (193a) das Chelidoxanthin. Es bildet gelbe Nadeln oder eine kristallinische Masse, die in heißem Wasser und Alkohol löslich, in Äther unlöslich ist. Es ist von außerordentlich bitterem Geschmack und besitzt ein starkes Färbevermögen, so daß eine Lösung 1:1000 noch gelb gefärbt erscheint. Von Säuren und Alkalien wird es anscheinend nicht verändert. Die wässrige Lösung wird durch Tannin gefällt.

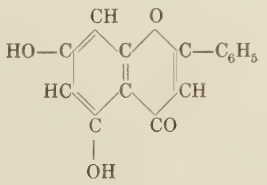
67. Chimaphilin wird von Fairbank (194), Peacock (195), Ridenour (196) und Beshore (197) beschrieben. Es wird aus den getrockneten Blättern von *Chimaphila umbellata* Nutt. (Pirolacee) hergestellt. Es bildet gelbe, bei 114° schmelzende Nadeln, die sublimierbar sind und mit Wasserdämpfen übergetrieben werden können. In Wasser ist es unlöslich, schwerlöslich in Alkohol, Äther, Chloroform, Benzol, Petroläther und Eisessig. In Schwefelsäure löst es sich mit roter Farbe, die auf Zusatz von Salpetersäure in Gelb übergeht. Seine Formel entspricht nach Peacock $C_{24}H_{21}O_4$. Beshore hat die Formel $C_{10}H_{19}O$ und den Schmelzpunkt 236° angegeben. Man kann deshalb annehmen, daß es sich um einen anderen Körper gehandelt hat, als um den von Peacock.

68. Chiratin ist nach Flückiger und Höhn (198) in den Stengeln von *Ophelia chirata* Griesb. (Gentianacee) enthalten. Es ist eine harzartige, amorphe, hellgelbe Masse, für die Höhn die Formel $C_{52}H_{86}O_{30}$ aufgestellt hat. Der Bitterstoff löst sich wenig in kaltem, besser in heißem Wasser, leicht in Alkohol und Äther. Beim Erhitzen mit verdünnter Salzsäure spaltet er sich in Chiratogenin, $C_{26}H_{48}O_6$, und Opheliasäure, $C_{26}H_{40}O_{20}$. Aus dem Kraut erhielt Höhn 0,044 % und aus Wurzeln und Stengeln 0,0219 % Chiratin.

Nach Hooper (199) enthalten auch die Blätter von *Clerodendron infortunatum* L. und *Cl. inerme* R. Br. (Labiate) Chiratin und Opheliasäure.

69. Chisocheton-Bitterstoff. In der Rinde von *Chisocheton divergens* Bl. (Meliacee) findet sich nach Boorsma (200) ein harzartiger Bitterstoff, der eine leicht pulverisierbare, gelbe Masse darstellt. Er ist in Alkalien unlöslich. In den Samen der Pflanze sind zwei Bitterstoffe enthalten, der eine löst sich in ätzenden, der andere in kohlensauren Alkalien.

70. Chrysin. So benannte Piccard (201) einen eigentlich unter die Pflanzenfarbstoffe gehörigen Körper von der Formel $C_{15}H_{10}O_4$ und dem Schmelzpunkt 275°. Er bildet gelbe, glänzende, tafelförmige Kristalle, kaum löslich in Wasser, Benzol, Chloroform und Schwefelkohlenstoff, wenig löslich in Alkohol und Äther, leicht löslich in Anilin und Eisessig. Auch in Alkalien löst sich Chrysin und wird aus dieser Lösung durch Säuren wieder abgeschieden. Bei höherer Temperatur sublimiert es. Als Herstellungsmaterial verwandte der Autor Pappelknospen verschiedener Pappelarten, wie *Populus pyramidalis* Sal., *Populus nigra* L. und *Populus balsamifera* L. (Salicacee). Chrysin, das früher von Piccard auch »Chrysinsäure« genannt wurde, ist chemisch Dioxyflavon von der Formel



Es kann nach Kostanecki (202) auch synthetisch hergestellt werden.

Vgl. auch Journ. f. prakt. Chemie 93 (1864), 369.

71. Chrysophyllum-Bitterstoff. Aus den Blättern von *Chrysophyllum imperiale* Bth. et Hook. (Sapotacee) isolierte Pekkolt (203) diesen Bitterstoff in Form eines gelben Pulvers, das in Wasser und Alkohol löslich war. Die wässrige Lösung wird durch Mayers Reagens, Quecksilberchlorid, Goldchlorid und Tannin gefällt. Der Bitterstoff ist nicht zu verwechseln mit »Chrysophyll«, einem Farbstoff aus *Mercurialis perennis* und *Ulmus campestris*.

72. Cicutoxin ist nach van Ankum (204) ein giftiger Bitterstoff aus der Wurzel von *Cicuta virosa* (Umbellifere). In der frischen Wurzel sind 0,2 % und in der getrockneten 0,35 % enthalten. Nach Böhm (205) ist Cicutoxin eine amorphe, zähflüssige, harzartige, sauer reagierende Masse, die in Alkohol, Äther, Chloroform und heißem Wasser löslich ist. In Petroläther ist sie unlöslich, löst sich aber in Alkalien mit gelber Farbe, in Schwefelsäure mit violetter Farbe. Durch alkoholische Kalilauge wird der Bitterstoff in ungiftige Säuren zerlegt. Versetzt man Cicutoxin mit Phenol und Schwefelsäure, so erhält man eine grüne Färbung mit blauem und violettem Rand. Der Chemismus des Bitterstoffes ist noch nicht geklärt. Außer Böhm haben noch Pohl (206) und Takayama (207) Mitteilungen über ihn gemacht.

73. Cimicifugin (Makrotin) ist ein Bitterstoff aus der Wurzel von *Cimicifuga racemosa* Bart. = *Actaea racemosa* L. (Ranunculacee), den man auch in die sog. Gruppe der »Resinoide« gestellt hat. Es ist kein einheitlicher Körper, sondern gemäß seiner Darstellung (Fällung des alkoholischen Auszuges der Droge mit Wasser) ein Gemisch von harzartigen, bitteren Stoffen, mit deren Studium sich Finnemore (208) und van der Espt (209) beschäftigt haben. Das Cimicifugin des Handels ist ein gelbbraunes, in Alkohol lösliches Pulver. (Vgl. Mercks Index 1910, 82.) Cimicifugin ist nicht zu verwechseln mit *Caulophyllin* (Macrotys), einer Spezialität, die aus *Cimicifuga racemosa* hergestellt worden sein soll, wahrscheinlich aber ein Extrakt des *Caulophyllum thalictroides* Michx. (Berberidacee)

war. [Vgl. Beckurts Jahresber. **70** (1910), 11.]

74. **Citriosmin** nennt Peckolt (210) einen aus den Blättern von *Citriosma cujabana* Mart. und *Citriosma apiosyce* Mart. (Monimiacee) hergestellten Bitterstoff. Er ist eine gelbliche, transparente, geruchlose Masse, die in kaltem Wasser wenig, leichter in heißem Wasser mit neutraler Reaktion löslich ist. Er löst sich leicht in Alkohol und Äther. Tannin verursacht keine Fällung, wohl aber einige Alkaloidreagenzien.

75. **Clematidin** (Clematitin). Auf den Bitterstoff im Wurzelstock von *Aristolochia clematidis* L. (Aristolochiacee) haben Winckler (211) und Frikkinger (212) hingewiesen, Walz (213) hat ihn »Clematidin« genannt und näher beschrieben. Er ist eine amorphe, goldgelbe Substanz, die wenig in kaltem, reichlicher in heißem Wasser, ferner in Alkohol löslich ist. In Äther ist sie unlöslich. Durch Alkalien wird die Löslichkeit in Wasser erhöht, es tritt aber gleichzeitig eine Braunfärbung auf. Die wässrige Lösung wird durch Bleiazetat und Bleisubazetat gefällt. Durch Schwefelsäure wird das Clematidin grün gefärbt. Es hat die Formel $C_9H_5O_6$.

76. **Cnicin.** Dieser Bitterstoff wurde zuerst von Nativelle (214) im Jahre 1837 in unreinem Zustande gewonnen, und zwar aus dem Kraut der Kardobenedikte, des *Cnicus benedictus* L. (Composite). Nach Scribe (215) kommt es auch in *Centaurea calcitrapa* und in allen bitter schmeckenden Pflanzen der Familie der Cynareen vor. Er hat es in weißen Kristallen erhalten, während Poppe (216) nur eine zähe gelbbraune Masse isolieren konnte, für die er die Formel $C_{14}H_{36}O_{10}$ aufstellte. Morin (217) hat es hingegen wie Scribe kristallinisch gewonnen. Scribe erteilte seinem Cnicin die Formel $C_{42}H_{56}O_{15}$. Dieses schmilzt beim Erhitzen und bildet eine harzige Masse. Nach Bouchardat (218) ist es optisch rechtsdrehend. Zuletzt hat sich Schwander (219) mit der Herstellung des Cnicins befaßt. Er erhielt es in Form eines gelben terpentinartigen Körpers von der Zusammensetzung $C_{14}H_{21}O_{10}$. Nach Keegan (220) soll das Cnicin keine einheitliche chemische Substanz, sondern eine Mischung von Kohlenhydraten und Harzen sein, diese Behauptung dürfte aber kaum zu Recht bestehen. Cnicin löst sich nur wenig in Wasser, leicht hingegen in Alkohol. In Äther ist es unlöslich. Mit konz. Schwefelsäure liefert es eine blutrote, mit Salzsäure eine grüne Färbung. Vermutlich ist es glukosidischer Natur. Nach Meßner (221) wird es auch Cynisin oder Centaurin genannt. Seine chemische Konstitution ist noch nicht näher erforscht.

77. **Coccognin** aus den Früchten von *Daphne mezereum* L. (Thymelaeacee) bildet nach Casselmann (222) mikroskopisch kleine, farblose, seidenglänzende Nadeln, die sich leicht in Alkohol, schwer in heißem Wasser mit neutraler Reaktion lösen. In Äther ist es unlöslich, löst sich aber in Alkalien mit gelber Farbe. Beim Erhitzen sublimiert es unter teilweiser Zersetzung. Seine Formel ist $C_{20}H_{44}O_8$.

78. **Cocculin.** Bei der Herstellung von Pikrotoxin aus den Früchten von *Menispermum cocculus* L. = *Anamirta paniculata* Colebr. (Menispermacee) erhält man nach Löwenhardt (223) durch wiederholtes Ausziehen des Rohpikrotoxins mit absolutem Alkohol einen vom Pikrotoxin wesentlich verschiedenen Bitterstoff, der aus weißen Nadeln besteht. Er ist in Wasser, Alkohol und Äther nahezu unlöslich und besitzt die Formel $C_{19}H_{26}O_{10}$. Ob dieser Körper mit dem Anamirtin von Barth und Kretschy (224) identisch ist, läßt der Autor dahingestellt. Für wahrscheinlich hält er es nicht. Die Langleysche Reaktion (Mercks Reagenzien-Verzeichnis 1924, 285), die für Pikrotoxin charakteristisch ist, gibt Cocculin nicht. In Schwefelsäure färbt es sich nur schwach gelb.

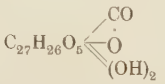
79. **Colletin** (Colettiin) ist ein Bitterstoff aus dem Holze von *Colletia spinosa* Lam. = *C. horrida* Willd. (Rhamnacee, Colletieae). Es wird in der Literatur auch *Retanilla ephedra* (Vent.) Brongn. und *Retanilla obcordata* (Vent.) Brongn. als die Stammpflanze des Colletins angegeben. Es ist sehr wahrscheinlich, daß in der Heimat der genannten Colletieen (Gouanieen), in Brasilien, Peru und Chile, auch die Retanilla zu gleichen medizinischen Zwecken verwandt wird wie die Colletia, allein als identisch können Colletia und Retanilla nach Engler und Prantl (224a) nicht

betrachtet werden. Möglicherweise enthält die Retanilla auch Colletin, bewiesen ist das aber nicht. Colletin wurde von Reuß (224b) ursprünglich aus einem fälschlich Chinatinktur genannten »Extracto alcoholico de Quina« gewonnen, das in Brasilien aus dem Holze von *Colletia spinosa* hergestellt und als Medikament gegen Wechselfieber verwandt wurde. Reuß erhielt aus dieser Tinktur 0,13% Colletin in feinen, nadelförmigen Kristallen. Es ist nach seinen Angaben in kaltem Wasser und Äther unlöslich, in siedendem Wasser nur wenig, in Alkohol hingegen leicht löslich. Durch Bleisubazetat wird seine Lösung nicht gefällt. Es soll sehr bitter schmecken.

80. **Colubrina-Bitterstoff.** Die Rinde von *Colubrina reclinata* Brongn. (Rhamnacee) ergab bei ihrer Untersuchung durch Planchon (225) einen harzartigen Bitterstoff, von dem bisher nicht festgestellt werden konnte, ob er glukosidischer Natur ist. Es haben sich mit seinem Studium noch Elborne und Wilson (226) sowie Soubeiran (227) befaßt. Nach Planchon ist er eine dunkelbraune Masse, von nicht genau bestimmbarem Schmelzpunkt. In Wasser ist dieses Harz kaum löslich, wohl aber in Alkohol und Äther.

81. **Columbin.** Nach Hermbstädt (228) soll Bolle der Entdecker dieses Bitterstoffes in *Jatrorrhiza palmata* Miers (Menispermacee) gewesen sein. Sonst wird in der Literatur Wittstock (229) als der erste bezeichnet, der Columbin beschrieben hat. In der Folge kamen dann Lebourdais (230), Bödecker (231), Buchner (232), Paternó und Oglialoro (233), Hilger (234), Rose (235), Schmemann (236), Liebig (237), Ulrich (238), Frey (239), Duquesnel (240), Bocchiola (241), Feist (242) und Kremel (243). Hiernach bildet es farblose bis gelbliche Kristalle oder ein kristallinisches Pulver, das bei 182° schmilzt. Es löst sich in Alkohol, Äther und Chloroform, nur sehr wenig in Wasser. Die Lösung ist optisch inaktiv. Alkalien bilden nach Hilger Columbosäure, $C_{28}H_{32}O_{10}$, die ihres bitteren Geschmackes wegen ebenfalls unter die Bitterstoffe zu rechnen ist. Sie wurde von Bödecker (244) beschrieben, der sie in der Columbowurzel an Berberin gebunden fand. Sie bildet ein amorphes oder kristallinisches Pulver, in Wasser fast unlöslich, wenig löslich in Äther, leichter in Alkohol und Essigsäure.

Für Columbin stellten Bödecker die Formel $C_{21}H_{22}O_7$ auf, Hilger $C_{21}H_{24}O_7$, Ulrich $C_{28}H_{30}O_9$ und Frey



82. **Columbo-Bitterstoff II.** Von Columbin und Columbosäure verschieden ist der von Feist (245) in der Columbowurzel gefundene sogenannte »Bitterstoff II« (vgl. Columbin). Er ist im Gegensatz zum Columbin in den meisten Lösungsmitteln unlöslich, und es liegt nahe, daß er als Verunreinigung des Columbins zu den verschiedenen Untersuchungsergebnissen der unter Columbin genannten Forscher Veranlassung gegeben hat. Der Bitterstoff II bildet derbe, farblose Prismen, die bei 246° schmelzen. Eine Formel wurde bisher nicht aufgestellt, es ist aber anzunehmen, daß der Bitterstoff eine Laktongruppe enthält.

83. **Coniferen-Bitterstoffe.** Im Harzbalsam von *Picea vulgaris* Link (Pinacee) konnten Tschirch und Brüning (246) einen Bitterstoff feststellen, wenn sie den sogenannten »Jura-Terpentin« mit heißem Wasser auszogen. Es war ein amorpher Körper, der in wässriger Lösung mit Eisenchlorid, Bleiazetat und Tannin Niederschläge gab. Auch der Bordeaux-Terpentin von *Pinus pinaster* Sol. enthält nach Angabe der genannten Autoren einen amorphen Bitterstoff. Desgleichen konstatierten Tschirch und Weigel (247) einen Bitterstoff im Lärchenterpentin von *Larix decidua* Mill. = *Pinus larix* L. Er geht beim Behandeln des Lärchenterpentins mit heißem Wasser in dieses über, zersetzt sich aber beim Eindampfen der so erhaltenen Lösung zum Teil. Rein konnte er nicht erhalten werden. In wässriger Lösung gab er mit Eisenchlorid, Bleiazetat und Tannin Niederschläge. Dasselbe gilt für den von Tschirch und Weigel (248) aus dem Straßburger Terpentin von *Abies pectinata* D. C. gewonnenen Bitterstoff. Er ist leicht zersetzlich. Den Bitterstoff von *Pinus halepensis* Mill. erkannten Tschirch und Schulz (249) auch

nur am bitteren Geschmack des wässrigen Auszuges und den genannten Reaktionen. In gleicher Weise beschränkten sich Tschirch (250) und seine Schüler bei der Erforschung der Bitterstoffe aus *Picea vulgaris* Lk., *Pinus palustris* Müll., aus dem russischen weißen Pech von *Abies sibirica* Ledeb. und aus Kolophonium von *Pinus australis* Mich., *Pinus heterophylla* Elb. und anderen Pinusarten auf die Feststellung des bitteren Geschmackes des wässrigen Auszuges und die genannten Reaktionen mit Eisenchlorid, Bleiazetat und Tannin.

84. **Connarin.** Aus den Blättern von *Connarus cymosus* Planch. (Connaracee) gewann Peckolt (251) den Bitterstoff Connarin, aus frischen Blättern 0,033% und aus getrockneten Blättern 0,765%. Er erhielt es in Form von warzenförmigen Konglomeraten, die in Wasser und Petroläther unlöslich, wenigslöslich in Äther, leichtlöslich in Alkohol, Methylalkohol und Essigäther waren. Es gab in Lösung Niederschläge mit Goldchlorid, Jodjodwismut, Jodjodkalium und Phosphormolybdänsäure. Die mit siedendem Wasser bereitete Lösung reagierte neutral.

85. **Copal-Bitterstoff.** Von den verschiedenen Handels-Copalen wurden von Tschirch und Stephan (252) der Zanzibar-Copal von *Trachylobium verrucosum* Gaertn. (Caesalpinioidee) und von Tschirch und Niederstadt (253) der Kauri-Busch-Copal von *Damara australis* Lamb. = *Agathis australis* Salisb. (Pinacee, Araucariee) untersucht. Aus dem Zanzibar-Copal isolierten sie einen schwach gelben, amorphen, nicht kristallisierbaren und nicht glukosidischen Bitterstoff, der in Wasser, Alkohol, Äther und Alkalien löslich war. Die alkoholische Lösung reagierte sauer. Eisenchlorid verursachte einen gelbroten Niederschlag, Bleisubazetat eine Trübung. Aus Kauri-Busch-Copal läßt sich mit Wasser der Bitterstoff extrahieren, er ist aber nicht in reinem Zustande isolierbar. Die wässrige Lösung wird durch Bleiazetat und Tannin gefällt.

Über den Manila-Copal berichten Tschirch und Koch (254): Dieser von *Damara orientalis* Lamb. (Pinacee, Araucariee) stammende Copal lieferte ebenfalls keinen reinen Bitterstoff.

86. **Copalchin** ist der Bitterstoff aus der Rinde von *Croton pseudochina* Schl. (Euphorbiacee). In völlig reinem Zustande scheint er noch nicht hergestellt worden zu sein. Mauch (255) gewann ihn als eine gelbliche, gummiharzartige, spröde und hygroskopische Masse in Mengen von 1,5 bis 2% der getrockneten Copalchirinde. Sie war in Wasser nur wenig, in Äther nur teilweise, in Alkohol und Chloroform leicht löslich. Die alkoholische Lösung wurde durch Tannin gefällt. In Schwefelsäure löst sich der Bitterstoff mit roter Farbe, ein Glukosid liegt aber nicht vor. Er ist stickstoffrei.

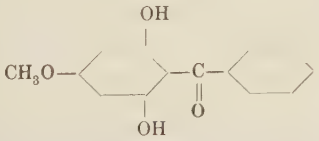
87. **Coriamyrtin** ist der Bitterstoff des Myrtensumach oder Gerberstrauches, der *Coriaria myrtifolia* L. (Coriariacee), der von Riban (256) im Jahre 1863 entdeckt wurde. Nach seiner Angabe enthalten die frischen Schößlinge der Pflanze etwa 7%. Das Coriamyrtin bildet monokline Prismen vom Schmelzpunkt 220 °, nach Merck (257) von 228—229 °. Sie lösen sich nur wenig in Wasser, leichter in Alkohol, Äther, Benzol und Chloroform. Die alkoholische Lösung ist optisch rechtsdrehend ($\alpha_D = +24{,}5$). Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $C_{15}H_{18}O_5$ oder $C_{30}H_{36}O_{10}$. Die Konstitution ist noch unbekannt. Er ist glukosidischer Natur. Mit dem von *Coriaria ruscifolia* stammenden Tutin, $C_{17}H_{20}O_7$, ist er nach Easterfield und Aston (258) nicht identisch. (Vgl. Mercks Wissenschaftl. Abhandl. Nr. 36, 62.)

88. **Cornin** stellte zuerst Carpenter (259) aus der Wurzelrinde von *Cornus florida* L. (Cornacee) her. Nach Geiger (260) war der Bitterstoff des genannten Autors aber sehr unrein, weshalb er sich mit der Herstellung und Beschreibung des reinen Körpers beschäftigte, was auch von Frey (261) und Gibson (262) geschah. Hiernach bildet das Cornin weiße, seidenglänzende Nadeln, die leicht schmelzen und sehr bitter schmecken. Es löst sich leicht in Wasser und Alkohol und sehr schwer in Äther. Die wässrige Lösung gibt mit Bleisubazetat und Silbernitrat weiße Niederschläge, mit den üblichen Alkaloidreagenzien reagiert sie nicht. Von Cockburn (263) und Maisch (264) wurden diese Angaben bestätigt.

89. **Corticin** hat Braconnot (265) ne-

ben Populin aus den Knospen von *Populus tremula* L. (Salicacee) hergestellt. Er beschreibt es als ein amorphes, neutrales Harz oder als Flocken von bräunlichgelbroter Färbung, in Wasser nur sehr wenig löslich und beim Kochen erweichend. Es verleiht dem Wasser eine rötlichgelbe Färbung, die auf Zusatz von Mineralsäuren wieder verschwindet unter Abscheidung rötlichweißer Flocken. Die wässrige Lösung wird auch durch Bleiazetat, Kupfernitrat, Silbernitrat und Aluminiumazetat gefällt. Corticin ist in Alkohol leicht löslich. Beim Eindampfen dieser Lösung hinterbleibt es als Harz. Löslich ist es ferner in Eisessig und ätzenden Alkalien, aber nicht in kohlensauren Alkalien. In Schwefelsäure ist es unverändert löslich.

90. Cotoin wird durch Extraktion der echten Cotorinde (deren Abstammung noch nicht genau feststeht, wahrscheinlich *Drimys Winteri* Forst bzw. deren Varietät *Drimys granatensis* Lin. Fil., eine Magnoliacee), der Malambo-Rinde, mittels Äther und Petroläther und Reinigen des aus der ätherischen Lösung kristallisierten Rohcotoins durch Umkristallisieren aus heißem Wasser, unter Zuhilfenahme von Tierkohle, gewonnen. Es bildet gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 130—131 °, ist in kaltem Wasser schwer, reichlich aber in heißem Wasser mit neutraler Reaktion löslich. In Alkohol, Äther und Chloroform löst es sich leicht, ebenso in Alkalien, obwohl es keinen Säurecharakter besitzt. Als empirische Formel ergab sich nach Jobst und Hesse (266) $C_{22}H_{18}O_6$, nach Ciamician und Silber (267) $C_{14}H_{12}O_4$. Das Cotoin ist der Monomethyläther des Benzoylphloroglucins (Methyltrioxybenzophenons); nach Pollack (268):

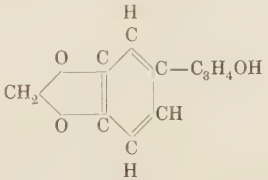


Über die Identitätsreaktionen des Cotoins vgl. Mercks Reagenz. Verzeichn. (1924), 565.

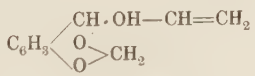
91. Cratägin ist nach Leroy (269) ein Bitterstoff aus der Rinde von *Crataegus oxyacantha* L. (Rosacee), der noch nicht näher untersucht worden ist. Er bildet fast weiße Kristalle (Wärzchen), die sich leicht in Wasser, wenig in Alkohol und so gut wie gar nicht in Äther lösen.

92. Crepin erhält man nach Walz (270), wenn man den alkoholischen Auszug des getrockneten blühenden Krautes von *Crepis foetida* L. (Composite) mit Bleisubazetat fällt, filtriert, das Filtrat mit Schwefelwasserstoff entbleit, fast zur Trockne eindampft und den Rückstand mit Äther extrahiert. Beim Verdunsten des Äthers erhält man fast farblose Kristalle, die in Äther wieder löslich sind. Die wässrig-alkoholische Lösung wird durch Bleisubazetat nicht gefällt.

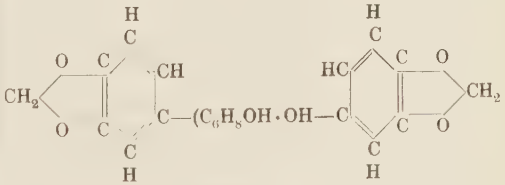
93. Cubebin. Die Früchte von *Piper cubeba* L. (Piperacee) enthalten neben Cadinen, Cubebenkampfer, Cubebensäure und Harz den Bitterstoff Cubebin, den Monheim (271) im Jahre 1833 hergestellt hat. Es hat dann eine ganze Reihe von Forschern darüber berichtet, die im Literaturverzeichnis unter (272) aufgeführt werden. Das Cubebin ist hiernach in den Cubeben in Mengen von 2,5—5% enthalten. Es bildet weiße, in Wasser fast unlösliche, in Alkohol, Äther und Chloroform lösliche Kristalle vom Schmelzpunkt 125 °. Die Lösung in Chloroform ist optisch linksdrehend. Als Strukturformeln wurden verschiedene aufgestellt:



(Pomeranz)



(Eijkman)



(Mameli)

94. Cymbalarin. Bei der Analyse des Krautes von *Linaria cymbalaria* Mill. (Skrophularinee) hat Walz (273) unter anderem einen Bitterstoff, das Cymba-

larin nachgewiesen. Es läßt sich nicht feststellen, ob es ein einheitlicher Körper gewesen ist, da es nicht näher untersucht wurde. Nach Walz war es ein gelblichweißes Pulver. Andere in der Pflanze gefundene Substanzen, wie das Cymbalacrin und Cymbalarosmin kommen für die Bitterstoffe nicht in Betracht.

95. Cynarin nannte Guitteau (273a) den Bitterstoff der Blätter der Artischoke, *Cynara scolymus* L. (Composite). Er reinigte das wässrige Extrakt mit Alkohol und erhielt so eine amorphe Masse von glasigem Bruch, über deren Zusammensetzung nichts Näheres bekannt geworden ist. Das Guitteausche Cynarin dürfte somit im wesentlichen nichts anderes als ein unreiner Extraktivstoff gewesen sein.

96. Darutyn (Darutin) ist ein Bitterstoff aus den Blättern von *Siegesbeckia orientalis* L. (Composite), ein in farblosen Kristallen kristallisierender Körper, der in Alkohol und Äther löslich ist. Erhitzt man es mit konz. Salzsäure, so erhält man eine violette Lösung, die bei Siedetemperatur eine grüne Färbung annimmt. Näheres ist über diesen Bitterstoff nicht bekannt geworden (274).

97. Datiscin ist der Bitterstoff aus der Wurzel von *Datisca cannabina* L. (Datiscacee). Es wurde zuerst von Braconnot (275), später von Stenhouse (276), Schunk und Marcklewski (277) beschrieben. Nach Schunck besitzt es die Formel $C_{21}H_{24}O_{11} + 2\,H_2O$. Es bildet farblose, seidenglänzende Nadeln oder Blättchen von neutraler Reaktion und bitterem Geschmack, die bei 190° schmelzen. Es löst sich schwer in Äther und kaltem Wasser, leichter in heißem Wasser und Alkohol sowie in Alkalien mit gelber Färbung, die auf Zusatz von Säuren wieder verschwindet. Beim Trocknen bei 130° verliert es 1 Molekül H_2O. Bei der Hydrolyse zerfällt es in Rhamnose und Datiscetin, $C_{15}H_{12}O_6$. Seinen glukosidischen Charakter hat Stenhouse bewiesen.

98. Dejanira-Bitterstoff wird nach Peckolt (278) aus der Wurzel von *Dejanira erubescens* Cham. = *Dejanira nervosa* Schlecht. (Gentianacee) erhalten, wenn man das alkoholische Extrakt mit siedendem, mit Essigsäure schwach angesäuertem Wasser behandelt, die vom Harz getrennte Flüssigkeit mit Bleiazetat fällt, das Filtrat nach der Entbleiung mit Tannin fällt und aus diesem Niederschlag nach Zusatz von Bleihydroxyd mit Alkohol in der Siedehitze extrahiert. Nach dem Eindampfen zur Trockne wird mit angesäuertem Wasser aufgenommen, mit Ammoniak versetzt und mit Äther ausgeschüttelt, bei dessen Verdunstung der Bitterstoff als eine firnisähnliche Masse hinterbleibt. Beim Zerreiben bildet diese ein gelbliches Pulver, das in Wasser fast unlöslich ist. In siedendem Wasser löst sich das Pulver mit neutraler Reaktion. Löslich ist es ferner in angesäuertem Wasser, in Alkohol, Amylalkohol, Äther und Chloroform. Mit Schlagdenhauffens Reagens gibt die Lösung einen weißen Niederschlag aber keine Blaufärbung. Sie wird ferner durch Mayers Reagens, Quecksilberchlorid und Tannin gefällt.

99. Derrid ist nach van Sillevoldt (279) und Greshoff (280) ein Bitterstoff, der in der Wurzelrinde von *Derris elliptica* Benth. (Leguminose) sowie in *Mundulea suberosa* Benth., *Ormocarpum glabrum* T. et B. und *Lonchocarpus violaceus* H. B. Kth. (Leguminosen) enthalten ist. Er ist ein hellgelbes harzartiges Produkt, das in Wasser und Petroläther wenig, besser in Alkohol, Äther, Benzol, Chloroform und Eisessig löslich ist. Die alkoholische Lösung reagiert sauer und erzeugt auf der Zunge anhaltende Anästhesie geringen Grades. Die Formel wurde zu $C_{33}H_{30}O_{10}$ berechnet. Es schmilzt nach van Sillevoldt bei 73°, nach Greshoff fängt es schon bei 61° an zu schmelzen. Bei 160° zersetzt es sich. Seine Konstitution ist nicht erforscht. Beim Schmelzen mit Kaliumhydroxyd liefert es Protokatechusäure und Salicylsäure.

100. Dicotoin isolierten Jobst und Hesse (281) aus dem Rohcotoin (siehe Cotoin) beim Umkristallisieren aus Wasser, indem sie aus diesem zunächst das Cotoin und dann das Dicotoin ausfällten. Sie nannten es zuerst »Cotonetin« und gaben ihm die Formel $C_{44}H_{34}O_{11}$, später berechneten sie die Formel $C_{25}H_{20}O_6$. Ciamician und Silber (282) stellten die Formel $C_{20}H_{16}O_5$ auf, vermuteten aber, daß das Dicotoin entweder eine Verbindung von Cotoin mit Phenylcumalin oder nur ein Gemisch dieser beiden Stoffe darstelle.

Es bildet Kristallblättchen vom Schmelzpunkt 73—74°, die in Alkohol, Äther, Azeton, Chloroform und Alkalien löslich sind. Mit konz. Salpetersäure gibt es eine rote Lösung, die beim Erkalten ein rotes Harz abscheidet. Hesse (283) hält das Dicotoin für eine molekulare Mischung bzw. Verbindung von 1 Molekül Cotoin und 1 Molekül eines Körpers von der Zusammensetzung $C_{11}H_8O_2$, läßt es aber unentschieden, ob dieser Körper Phenylcumalin ist oder nicht. Beim Zusammenkristallisierenlassen von diesem Körper mit Cotoin erhält man Dicotoin.

101. **Drimin** hat Hesse (284) aus der Rinde von *Drimys granatensis* L. (Magnoliacee), der sogenannten »Cotorinde von Merida« hergestellt. Es bildet ein mikrokristallinisches Pulver von schwach bräunlicher Farbe, löst sich leicht in heißem Alkohol, Chloroform und Eisessig, wenig in kaltem Alkohol, nicht in Äther, Ligroin, Natronlauge, Ammoniak und Wasser. Die alkoholische Lösung reagiert neutral. Sie gibt mit Bleisubazetat einen flockigen Niederschlag. Drimin ist luftbeständig und schmilzt bei 256°. Glukosidischer Natur ist es nicht. Als Formel berechnete der Autor $C_{13}H_{14}O_4$. Bemerkt sei, daß Holmes (285) aus *Drimys Winteri* var. *granatensis* kein Cotoin sondern ein kristallinisches Glukosid »Drymin« hergestellt hat.

102. **Drimol** aus den Blättern von *Drimys granatensis* L. (Magnoliacee) wird von Hesse (286) als weiße Nadeln vom Schmelzpunkt 73—74° und der Formel $C_{28}H_{58}O_2$ beschrieben. Es ist in Wasser unlöslich, löslich in Alkohol, Äther und Chloroform.

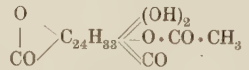
103. **Drimys-Bitterstoff** aus den Blättern von *Drimys Winteri* Forst. var. *granatensis* (Magnoliacee) hat Peckolt (287) beschrieben. Es war eine gelbe Masse, die beim Zerreiben ein gelbliches Pulver lieferte. Es löste sich in Wasser, Alkohol und Chloroform, nicht hingegen in Äther, Benzol und Petroläther. Mit Schwefelsäure färbt es sich erst purpurrot und löst sich dann mit roter Färbung. Die wässrige Lösung reagiert neutral und gibt mit den üblichen Alkaloidreagenzien Niederschläge.

104. **Elaeocarpid.** Blätter, Rinde, Samen und das Endocarpium des *Elaeocarpus grandiflorus* Sm. (Elaeocarpacee) enthalten nach Boorsma (288) einen giftigen, stickstoffreien, nicht glukosidischen Bitterstoff, der auch in anderen noch nicht näher bestimmten Elaeocarpusarten vorkommen soll. Er ist ein kristallinisches Pulver, das in Alkohol, Chloroform, Essigäther und verdünnten fixen Alkalien, wenig in kohlensauren Alkalien und in Wasser löslich ist.

105. **Elaterin** (Momordicin) ist der Bitterstoff von *Ecballium elaterium* Rich. = *Momordica elaterium* L. (Cucurbitacee). Es wird aus dem eingetrockneten Saft (der sogen. Springurke oder Eselsgurke) gewonnen, in dem es bis zu 50 % enthalten ist. Erstmalig erwähnt wird es von Paris (289) im Jahre 1822, der erste, der es rein darstellte, dürfte aber Morries (290) im Jahre 1831 gewesen sein. Beschrieben wurde es dann noch von Marquart (291), Landerer (292), Zwenger (293), Golding Bird (294), Walz (295), Köhler (296), Flückiger und Hanbury (297), Jones und Ransom (298), Berg (299), Brämer (300), Pollak (301), Hemmelmayr (302), Thoms und Mann (303), Power und Moore (304) und Moore (305). Mit dem Nachweis und seinen Identitätsreaktionen befaßten sich besonders Lindo (306), Serena (307) und Johannson (308); vergleiche auch Mercks Reagenz.-Verzeichn. 1924, 568 und Mercks Wissenschaftl. Abhandl. Nr. 26, 40—41.

Das offizinelle Elaterin bildet ein weißes, kristallinisches Pulver, das in Alkohol und Äther nur wenig, leichter in Chloroform löslich ist. In Wasser ist es unlöslich, aber es verleiht diesem einen bitteren Geschmack. Der Schmelzpunkt wird verschieden angegeben, was auf geringe Verunreinigungen zurückzuführen sein dürfte. So gibt Schmidt (309) 220°, Pollak 222—223°, Hemmelmayr 225° und Thoms 232° an. Auch die Formeln wurden verschieden angegeben, so von Zwenger $C_{20}H_{28}O_5$, von Berg $C_{28}H_{38}O_7$, von Hemmelmayr $C_{24}H_{34}O_6$ und von Thoms $C_{22}H_{30}O_6$. Nach Power und Moore besteht das Elaterin aus zwei, vermutlich isomeren Körpern, welche bei der fraktionierten Kristallisation aus Alkohol erhalten werden können, dem α-Ela-

terin und dem β-Elaterin. Das α-Elaterin bildet hexagonale Prismen vom Schmelzpunkt 230°. Es ist linksdrehend ($\alpha_D = -52{,}9°$), löst sich nur sehr schwer in Alkohol und ist physiologisch unwirksam. Das β-Elaterin, der physiologisch wirksame Bestandteil des Elaterins, zeigt den Schmelzpunkt 190—195° und ist rechtsdrehend ($\alpha_D = +13{,}9°$). Die Konstitution des Elaterins ist noch nicht näher erforscht. Nach Thoms hat es vermutlich einen Naphthalinkern mit einer Aldehydgruppe und zwei Laktongruppen. Moore hat für das α-Elaterin die Formel



aufgestellt.

106. Elemi-Bitterstoffe. Über die Abstammung der verschiedenen Elemi-Sorten des Handels kann nichts Bestimmtes gesagt werden. Das Philippinen-Elemi von mehreren Canariumarten, wie *Canarium commune* L. (Burseracee) wurde von Tschirch und Saal (310) untersucht. Sie erhielten eine bitterschmeckende, braunrot gefärbte Lösung, aus der sie aber den Bitterstoff nicht in reinem Zustande gewinnen konnten. Die wässrige Lösung wurde durch Tannin und Bleisubazetat gefällt und alkalische Kupferlösung wurde reduziert. Beim Eindampfen der Lösung wurde eine braunrote Masse von Extraktkonsistenz erzielt. Aus Colophonia-Elemi von *Colophonia mauritiana* D. C. (Burseracee) erhielten Tschirch und Saal (311) nur eine geringe Menge Bitterstoff, den sie nicht näher beschrieben. Caricari-Elemi, vermutlich von einer Amyrisart aus der Familie der Burseraceen, lieferte nach Tschirch und Reutter (312) ebenfalls keinen reinen Bitterstoff. Der Bitterstoff, den Tschirch und Cremer (313) aus weichem Manila-Elemi von *Canarium commune* L. (Burseracee) erhielten, war nur eine harzige, braune Masse, die sich nicht weiter reinigen ließ. Die wässrige Lösung wurde durch Weinessig und Tannin gefällt, frische Fehlingsche Lösung wurde nur wenig reduziert.

Ein weiteres Philippinen-Elemi, sogen. »echtes Tacamac« besprechen neben dem oben genannten Tschirch und Saal (314). Der daraus hergestellte Bitterstoff war gleichfalls ein unreines Extrakt, das in Wasser und Alkohol, weniger in Äther löslich war. Die wässrige Lösung reduzierte Fehlingsche Lösung stark, wurde auch durch Eisenchlorid, Bleisubazetat und Tannin gefällt.

107. Eriobotrya-Bitterstoff. In den Samen von *Eriobotrya japonica* Lindl. (Rosacee) fand Peckolt (314a) 1,3% eines Bitterstoffes, den er aber nicht näher beschrieben hat.

108. Erucin, ein von Simon (315) aus den Samen von *Sinapis alba* L. (Crucifere) hergestellter Körper dürfte sehr fraglicher Natur sein. Der Autor beschrieb ihn als gelbliches, nicht kristallinisches Pulver, das in Wasser und Alkalien unlöslich, in Äther und heißem Alkohol löslich war. Es ist ohne jegliche Bedeutung und hier nur der Vollständigkeit wegen erwähnt.

109. Erysimin aus den Samen von *Erysimum aureum* Bieb. (Crucifere) ist ein giftiger Körper. Nach Schlagdenhauffen und Reeb (316) ist es ein amorpher, blaßgelber Bitterstoff vom Schmelzpunkt 190° und der Formel $C_4H_7O_2$. In Wasser und Alkohol ist er in allen Verhältnissen löslich, in Äther, Benzol, Chloroform und Schwefelkohlenstoff unlöslich.

Aus einer verwandten Crucifere, dem *Erysimum crepidifolium* Rchb. gewann Berger (316) einen Bitterstoff, den er Erysimupikron nannte. Er ist in allen Teilen der Pflanze enthalten, in den Wurzeln zu 0,6% und im Kraut zu 2,1% (auf getrocknete Droge bezogen). Die farblosen Kristalle schmelzen bei 230° und entsprechen der Formel $C_{20}H_{24}O_5$. Sie sind in Wasser leicht, in Alkohol schwer löslich. Der Bitterstoff ist giftig. Glukosidischer Natur ist er nicht. Gefällt werden seine Lösungen nur durch Phosphorwolframsäure und Wismutjodid-Jodkalium. Durch Kochen mit alkoholischer Kalilauge wird er innermolekular umgelagert, wobei weder Formel noch Molekulargewicht verändert werden. Das so entstandene Isoerysimupikron ist nicht bitter und nicht giftig.

110. Erytaurin ist nach Hérissey und Bourdier (317) ein glukosidischer Bitterstoff aus der *Erythraea centaurium* Pers. (Gentianacee). Es bildet kleine, farblose, prismatische Kristalle von stark bit-

terem Geschmack, löslich in Wasser mit neutraler Reaktion sowie in Alkohol und Essigäther. Wird weder von Bleiazetat noch von Bleisubazetat gefällt. Erytaurin ist optisch linksdrehend.

111. Erythrocentaurin ist ein Bitterstoff, den zuerst Méhu (318) aus dem Kraut von *Erythraea centaurium* Pers. (Gentianacee) gewonnen, es findet sich aber auch in *Erythraea chilensis* Pers. und nach Hunter (319) in *Sabbattia vulgaris* bzw. *angularis* Pursh. Es bildet farblose, neutral reagierende, bei 136° schmelzende Kristalle, die sich im Sonnenlicht schnell rosa und rot färben. In kaltem Wasser ist es sehr wenig, leichter in heißem löslich, es löst sich ferner in Alkohol, Äther, Chloroform, Benzol und fetten Ölen. Lendrich (320) isolierte aus der genannten Droge ein Erythrocentaurin, das vermutlich mit dem Méhuschen nicht identisch ist. Er war eine kaum gefärbte, terpentinartige Masse, die bei weiterem Trocknen glasartig wurde. Dafür berechnete der Autor die Formel $C_9H_{14}O_5$. Bei der Hydrolyse lieferte sie Glukose und einen dem Menyanthol aus Menyanthin (siehe dieses) sehr ähnlichen Körper.

Auch Arata (320 a) und Leboeuf (320 b) berichten von einem Bitterstoff aus *Erythraea chilensis* Pers. (= *Chironia chilensis* Willd. = *Gentiana peruviana* Lam. = *Canchalagua*). Arata hat 2% eines öligen Produktes gewonnen, aus dem sich kleine Kristalle abschieden, Leboeuf will sogar 9% gefunden haben. Näher untersucht wurde der Bitterstoff nicht; möglicherweise ist er identisch mit dem von Lendrich hergestellten.

112. Esenbeckin. Dieser von Buchner 1829 zuerst genannte Bitterstoff ist nach Winckler (321) Chinovin = Chinovabitter (ein Glukosid). Neben dem Chinovin seien aber in der Rinde der *Esenbeckia febrifuga* Juss. (Rutacee) noch zwei Bitterstoffe enthalten, wovon der eine ein amorphes, weißes Pulver, der andere farblose Kristallschuppen darstelle. Beide sind sehr bitter und in Alkohol und Äther löslich, auch reagieren sie beide neutral. Über *Esenbeckia* hat auch Peckolt (322) kurz berichtet.

113. Espelin ist ein etwa zu 0,5% in den Wurzeln von *Perianthopodus espelina* Manso (Cucurbitacee) enthaltener Bitterstoff, über den Peckolt (323) Mitteilung gemacht hat. Es ist eine amorphe, firnisähnliche Masse, die sich leicht zu einem gelblichen Pulver zerreiben läßt. Es besitzt einen lange anhaltenden bitteren Geschmack. In Alkohol, Methylalkohol, Amylalkohol und Wasser ist es mit neutraler Reaktion löslich. Beim Erhitzen schmilzt es und erstarrt beim Erkalten zu einer gelben durchscheinenden Masse. Bei weiterem Erhitzen verflüchtigt es sich ohne Rückstand. Die wässrige Lösung gibt mit Tannin, Quecksilberchlorid und Jodjodkalium Niederschläge.

114. Euparin wurde in den Blättern von *Eupatorium purpureum* L. (Composite) zuerst beobachtet. Siggins (324), Trimble, Maisch und Lloyd (325) stellten es in prismatischen, büschelförmigen Kristallen vom Schmelzpunkt 117,2° her und berechneten die Formel $C_{12}H_{11}O_3$. In Wasser und Petroläther war es sehr wenig löslich, leicht löslich in heißem Alkohol sowie in Äther, Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenstoff und konz. Natron- oder Kalilauge. In konz. Schwefelsäure löst sich das Euparin mit dunkelroter Färbung, die allmählich in bläulichgrünlich übergeht. Manger (326) fand den Schmelzpunkt 118° und dieselbe Formel wie Lloyd. Nach seinen Versuchen wird es von konz. Salpetersäure zu Pikrinsäure oxydiert und durch schmelzendes Kaliumhydroxyd in Phlorogluzin übergeführt.

115. Eupatorin. Der von Latin (327) zuerst hergestellte Bitterstoff aus *Eupatorium perfoliatum* L. (Composite) ist nach Franz (328) ein Glukosid; er wurde aus den Blättern der Pflanze hergestellt. Ebenso erhielt Kärcher (329) aus der Wurzel der Pflanze einen glukosidischen Bitterstoff, eine in Chloroform lösliche amorphe Substanz. Shamel (330) gewann hingegen aus dem zur Blütezeit gesammelten Kraut ein Alkaloid. Alle diese Präparate werden »Eupatorin« genannt. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um noch recht fragwürdige Körper. Dazu sei bemerkt, daß Righini (331) aus dem blühenden Kraut von *Eupatorium cannabinum* L. ebenfalls einen glukosidischen Bitterstoff hergestellt hat, der sich in Alkohol und Äther löste und mit Schwefelsäure ein schön kristallisiertes Salz lieferte. Somit

hat es den Anschein, als ob dieser Stoff auch ein Alkaloid gewesen wäre. Unter der Bezeichnung »Eupatorin«, »Euparin« und ähnlichen waren auch Mischpräparate im Handel, jedenfalls sogen. »Resinoide« oder »amerikanische Konzentrationen«.

116. **Eurybin** ist ein anscheinend glukosidischer Bitterstoff aus *Eurybia moschata* (Composite), der von Merck (332) beschrieben wurde. Es ist ein amorphes, schwach gelbliches, bitter schmeckendes Pulver, das in Wasser und Alkohol löslich ist. Die wässrige Lösung wird durch Bleisubazetat getrübt, aber nicht durch Bleiazetat. Tannin erzeugt ebenfalls eine Fällung. Bei der Hydrolyse bildet sich ein Harz und eine alkalische Kupferlösung reduzierende Substanz.

117. **Evonymin.** Aus *Evonymus atropurpurea* Jacq. (Celastracee), und zwar aus Wurzel- und Stammrinde wurden verschiedene bittere Stoffe gewonnen, die zum Teil in ihrer Zusammensetzung nichts miteinander zu tun haben. Der Hauptsache nach kann man ein Glukosid und ein (eklektisches) Resinoid *Evonymin* unterscheiden. Das Glukosid wurde von Meyer (333), Wenzell (334), Prescott (335), Cassady (336) u. a. beschrieben. Es ist ein noch zweifelhafter Körper, über den nichts Zuverlässiges gesagt werden kann. Das Resinoid ist ein Gemisch von bitteren Harzen, ätherischem Öl und zumeist wohl auch von Glukosid. Es wird gewonnen, indem der alkoholische Auszug der Stammrinde mit Wasser gefällt wird. Während das Glukosid ein Herzgift sein soll, wurde das Resinoid als Kathartikum verwandt. Bezüglich der Zusammensetzung des Resinoides, das als »grünes« und »braunes« Evonymin in den Handel kommt, sei auf die Mitteilungen von Clothier (337), Thibault (338), Paschkis (339) und Romm (340) sowie Merck (341) verwiesen.

118. **Exostemmin** ist ein zuerst von E. Merck aus der Rinde von *Exostemma floribundum* Willd. = *Cinchona floribunda* Sw. (Rubiacee) hergestellter Bitterstoff, den Ramm (341 a) pharmakologisch untersucht hat. Es ist ein gelblichgrünes (noch 1:60 000) intensiv bitter schmeckendes Pulver, das in Wasser unlöslich ist. Löslich ist es in verdünnter Natriumkarbonatlösung. Sein Chemismus ist nicht näher bekannt geworden. Es ist stickstofffrei.

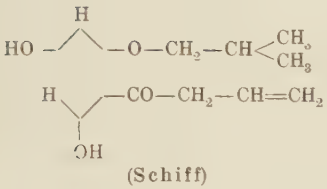
119. **Fagraeid.** Dieser Bitterstoff wurde neben dem Alkaloid Fagrein von Boorsma (342) in den Samen von *Fagraea imperialis* Miq. (Loganiacee) gefunden. Er soll ungiftig sein. Er wird durch Fällen des wässrigen Auszuges mit Bleisubazetat, Extrahieren des mit Schwefelwasserstoff behandelten Niederschlages mit Alkohol und Äther gewonnen. Fagraeid ist in Wasser mit saurer Reaktion, sowie in Alkohol, Azeton und Essigäther löslich. Näheres ist nicht bekannt geworden.

120. **Feuillin,** der Bitterstoff aus den Samen von *Feuillea triloba* L. (Cucurbitacee) bildet nach Peckolt (343) eine amorphe, weißgelbliche Substanz von lange anhaltendem bitterem Geschmack. Es löst sich in Wasser, Alkohol, Methyl- und Amylalkohol sowie in Essigäther, in Äther, Chloroform und Petroläther ist es unlöslich. Mit den üblichen Alkaloidreagenzien wird es gefällt.

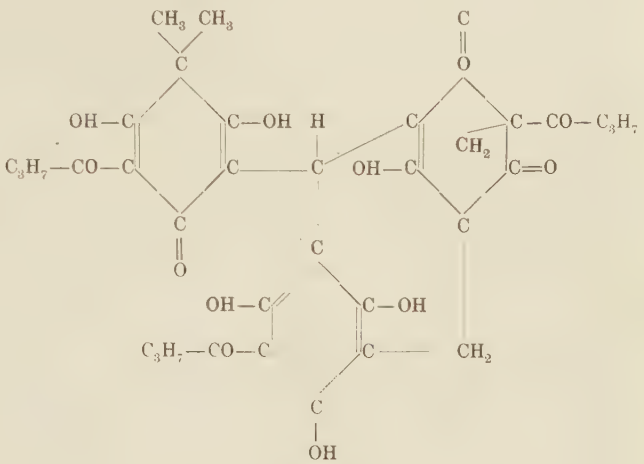
121. **Fibraurea-Bitterstoff.** Aus den Samen von *Fibraurea chloroleuca* Miers. = *Fibraurea tinctorea* Lour. (Menispermacee) hat Boorsma (344) einen harzartigen, gelben, amorphen Bitterstoff gewonnen, der in Wasser unlöslich sein soll. Näheres wurde nicht bekannt.

122. **Filicin** (Filixsäure). In den Rhizomen des Farnkrautes bzw. den daraus hergestellten ätherischen Extrakten findet sich neben anderen Stoffen die Filixsäure. Als Farne kommen nach Luck (345) *Aspidium filix mas* L., nach Hausmann (346) *Athyrium filix femina* Roth und nach Bowman (347) *Aspidium rigidum* Swartz (Polypodiaceen) in Betracht. Von den genannten Stoffen, die zuweilen noch unter die Bitterstoffe gerechnet werden, ist die Filixsäure der wichtigste. Je nach der Herstellung kann man sie amorph oder kristallinisch erhalten. Wenn man die kristallisierte Filixsäure in Natronlauge löst und die Lösung in überschüssige Salzsäure gibt, so scheidet sich das Filicin nach Poulson (348) amorph ab. Es hat so die Formel $C_{36}H_{42}O_{13}$ und den Schmelzpunkt 125°, nach Gallas (349) die Formel $C_{18}H_{22}O_6$. Durch Behandeln mit Äther kann es wieder in die kristallinische Form umgewandelt werden. Das amorphe Fili-

ein löst sich in Alkohol, Alkalien und fetten Ölen. Das kristallisierte Filicin bildet schwach gelbe Täfelchen, die bei 184—185° unter Zersetzung schmelzen. Es löst sich in Alkalien und heißem Essigäther, wenig in Äther und gar nicht in Wasser und Alkohol. Als Formel hat Luck $C_{26}H_{30}O_9$, Daccomo (350) $C_{14}H_{16}O_5$, Poulsen $C_{36}H_{40}O_{12}$ und Grabowski (351) $C_6H_3OH(O \cdot C_4H_7O)_2$ aufgestellt. Die Konstitution ist nach Schiff (352) und Boehm (353) folgende:



(Schiff)



(Boehm)

Bezüglich der Bestandteile der Farnwurzel sei noch auf Katz (354) und Spieß (355) und wegen des Nachweises der Filixsäure auf Hausmann, Fromme und Daccomo (356) verwiesen.

Als amorphe Filixsäure bezeichnet Kraft (357) auch das zu etwa 5 % im ätherischen Filixextrakt enthaltene Filmaron. Es ist ein hellbräunlich gelbes Pulver, das bei etwa 60° schmilzt und die Formel $C_{47}H_{52}O_{16}$ besitzt. Es löst sich leicht in Alkalien, Äther, Azeton, Chloroform, Benzol, Amylalkohol, Essigäther, Eisessig, weniger in kaltem Petroläther, Alkohol und Methylalkohol. In Wasser ist es unlöslich.

123. Galeopsis-Bitterstoff ist nicht näher bekannt geworden. Geiger (358) hat aus den Blättern der *Galeopsis ochroleuca* Lam. (Labiate) einen Bitterstoff gewonnen, der eine harzartige Substanz darstellte.

124. Gardenin ist im sogenannten Decamalee-Gummi der *Gardenia lucida* Roxb. = *Gardenia resinifera* Roth. (Rubiacee) enthalten und kristallisiert aus dem alkoholischen Auszug nach Stenhouse (359) in goldgelben Kristallen, die bei 163 bis 164° schmelzen. Sie sind in Alkohol und Chloroform löslich. Nach Stenhouse und Groves (360) hat es die Formel $C_{14}H_{12}O_6$, nach Flückiger (361) die Formel $C_{23}H_{30}O_{10}$. Durch Behandeln mit Salpetersäure entsteht Gardeniasäure, $C_{14}H_{10}O_6$, mit dem Schmelzpunkt 223°.

125. Gentiana-Bitterstoffe. Unter Enzianbitterstoffen versteht man mehr oder weniger gereinigte Extraktivstoffe und chemisch gut charakterisierte Körper aus der Wurzel von *Gentiana lutea* L. (Gentianacee). Als eigentliche Bitterstoffe kommen aber nur Gentiopikrin, Gentiamarin und Gentianin in Betracht.

a) Gentiopikrin dürfte zuerst von Henry und Caventou (362) im Jahre 1822, dann von Kromayer (363) in reinem Zustande hergestellt worden sein. Dieser Bitterstoff, auch »Enzianbitter« genannt, ist in den frischen Wurzeln von *Gentiana lutea* L., *G. pneumonanthe* L. und *Chlora perfoliata* L. (Gentianaceen), nach Kennedy (363 a) auch in *Frasera carolinensis* Walt., enthalten. Die getrocknete Wurzel liefert weit weniger Gentiopikrin, weil dieses beim Trocknen durch Enzyme zum größten Teil zersetzt wird. Über die Herstellung und Eigenschaften des Bitterstoffes berichteten noch Bourquelot und Bridel (364) sowie Tanret (365). In reinem Zustande bildet es farblose Nadeln von der Formel $C_{16}H_{20}O_9$. Aus Alkohol kristallisiert es wasserfrei mit

dem Schmelzpunkt 191°, aus alkoholhaltigem Wasser mit $^1/_2H_2O$ und dem Schmelzpunkt 122°. Dieses verwittert an der Luft. Es ist in Wasser und Alkohol sehr leicht löslich, weniger in absolutem Alkohol und so gut wie gar nicht in Äther. Es ist optisch linksdrehend. Die Lösung in konz. Schwefelsäure ist farblos, sie färbt sich aber beim Erwärmen karminrot. Die glukosidische Natur des Gentiopikrins zeigt sich beim Behandeln mit Emulsin, welches den Bitterstoff nach Tanret in Gentiogenin, $C_{10}H_{10}O_4$, und Glukose spaltet. Es ist das jedenfalls ein ähnlicher Vorgang, wie er beim Trocknen der Enzianwurzel beobachtet wurde.

b) Gentiamarin ist nach Tanret ein amorphes Pulver von der Formel $C_{16}H_{20}O_{10}$, das in Wasser und Alkohol löslich ist. Durch verdünnte Schwefelsäure wird es in der Wärme in einen unbekannten, braunen Körper und Glukose gespalten.

c) Gentianine sind mehr oder weniger gereinigte Extraktivstoffe aus der Enzianwurzel, wie sie handelsüblich waren oder sind und wie sie von Magendie (366), Radius (367), Pool (368), Benemann (369), Lange (370), Küchenmeister (371) und Merck (372) geliefert oder therapeutisch benützt wurden. Das chemisch reine Gentianin, auch Gentisin oder Gentianasäure genannt, ist ein geschmackloser Körper. Er wird etwa zu 0,1% aus der getrockneten Wurzel gewonnen. Er hat die Formel $C_{13}H_5O_2(OH)_2OCH_3$ und den Schmelzpunkt 267°. In heißem Wasser ist das Gentisin mit neutraler Reaktion löslich. Es bildet schwach gelbe Nadeln, die über 250° unter teilweiser Zersetzung sublimieren. In Alkohol und Äther ist es sehr schwer löslich. Nach Kostanecki und Tambor (373) kann es synthetisch hergestellt werden.

126. Geumbitter. Die Nelkenwurz, *Geum urbanum* L. (Rosacee), enthält in ihrer Wurzel einen Bitterstoff, den Buchner (374) beschrieben hat. Es ist eine gelbe, amorphe, neutral reagierende, bitterschmeckende Masse, die sich wenig in Wasser, leicht in Alkohol und Äther löst. Mit Alkalien, Kalk und Bleioxyd liefert das Geumbitter wasserlösliche Verbindungen, die erkennen lassen, daß es sich wahrscheinlich um einen phenolartigen Körper handelt.

127. Gillenia-Bitterstoff. Nach Stanhope (374a) enthält die Rinde von *Gillenia trifoliata* Mönch. = *Spiraea trifoliata* L. (Rosacee) einen Bitterstoff, eine weißgelbliche, amorphe Substanz, die in Wasser, Alkohol, Äther und verdünnten Säuren löslich ist. Löst man diesen Körper, den der Autor Gillenin nannte, in Schwefelsäure, so erhält man eine blutrote Färbung, mit Chromsäure eine grüne Färbung. Einen damit wahrscheinlich identischen Körper glukosidischer Natur fand Curry (374 b) in den Wurzeln von *Gillenia stipulacea* Nutt., in dem Wetherill (374c) sogar ein Alkaloid vermutete. Er nannte ihn gleichfalls Gillenin. Es löst sich in Wasser, Alkohol und Äther nur schwer, gibt aber mit Schwefelsäure keine Farbenreaktion. Dagegen gibt der glukosidische Bitterstoff Gillein, ein kristallinischer Körper, mit Schwefelsäure Rotfärbung. Da er auch brechenerregend wirkt, wie das Gillenin von Stanhope, dürfte er eher mit diesem identisch sein. Auch White (374d) hat in *Gillenia trifoliata* ein bitteres Glukosid gefunden.

128. Gingerol wurde von Thresh (375) aus der Wurzel von *Zingiber officinalis* Rosc. (Zingiberacee) als zäher Sirup erhalten. Es schmeckt scharf und bitter und löst sich in Alkohol, Petroläther, Eisessig und Alkalien. Glukosidischer Natur ist es nicht. Weitere Untersuchungen dieses fragwürdigen Körpers sind nicht vorgenommen worden. Garnett und Grier (376) haben nur feststellen können, daß es ein Öl von Phenolcharakter ist.

129. Granatin enthalten die unreifen Früchte und die Wurzelrinde von *Punica granatum* L. (Punicacee) in ihren Schalen. Nach dem Entfernen der Eiweißstoffe konnte Landerer (377) im alkoholischen Auszug der Schalen sternförmig kristallisierende Nadeln oder eine warzenförmige Masse feststellen. Der Bitterstoff löst sich in Alkohol und verdünnten Säuren, in Salpetersäure mit blutroter Färbung. Näher untersucht wurde das Granatin anscheinend nicht.

130. Guacin. Diesen Bitterstoff gewann Fauré (378) aus den Blättern der *Mika-*

nia Guaco H. B. K. (Composite) durch Extraktion mit Äther, Lösen des Verdunstungsrückstandes in Wasser, Eindampfen und Aufnehmen des Extraktes mit Alkohol aus diesem als eine hellbraune, zerreibliche Masse von neutraler Reaktion und dem Schmelzpunkt 100°. Es löst sich in Wasser, Alkohol und Äther. Nach Pettenkofer (379) ist das Fauré sche Guacin kein einheitlicher Körper, da es sich nur zum Teil in Wasser löst. Beim Übergießen mit verdünnter Schwefelsäure entwickelt es den betäubenden Geruch der frischen Blätter. In konz. Schwefelsäure löst es sich mit roter Farbe.

131. **Gurjun-Bitterstoff.** Im Gurjunbalsam, der bekanntlich von verschiedenen Bäumen aus der Familie der Dipterocarpaceen gewonnen wird, konnten Tschirch und Weil (380) einen Bitterstoff nachweisen. Wurde der Balsam mehrmals mit heißem Wasser extrahiert und die vereinigten wässrigen Auszüge eingedampft, so zeigte die Flüssigkeit nicht nur einen bitteren Geschmack, sie reagierte auch mit Eisenchlorid, Bleiazetat und Tannin.

132. **Heynea-Bitterstoffe.** In der Zweigrinde, den Fruchtschalen und Samen der *Heynea sumatrana* Miq. (Meliacee) sind nach Boorsma (381) verschiedene Bitterstoffe neben Heyneasäure enthalten. Der in den Fruchtschalen gefundene amorphe Bitterstoff ist in Natriumkarbonatlösung löslich, der in den Samen enthaltene in Natronlauge, nicht in Natriumkarbonat. Sie dürften demnach nicht identisch sein. Der Samenbitterstoff, ebenfalls eine amorphe (giftige) Substanz, ist außerdem in Alkohol, Amylalkohol, Chloroform und Eisessig, etwas schwerer in Äther und Benzol löslich.

133. **Hivurahein.** Peckolt (382) isolierte aus der Rinde von *Pradiosa lactescens* Radlk. = *Lucuma glycophloea* Mart. (Sapotacee) neben einem anderen amorphen Bitterstoff 0,009% bitteres Hivurahein (benannt nach dem »Hivurahe« genannten Baum). Es bildet farblose, feine Nadeln, die in kaltem Wasser unlöslich, in Alkohol und Äther löslich sind.

134. **Homoioceltis-Bitterstoff.** Im Jahre 1891 berichtet Greshoff (383), daß er in der Rinde von *Homoioceltis aspera* B. C. = *Aphananthe aspera* Planch. (Ulmacee) einen giftigen, dem Antiarin ähnlich wirkenden Bitterstoff gefunden habe. Später hat Greshoff (384) mitgeteilt, daß dieser auch in den Blättern der Pflanze enthalten sei. Er ist so bitter, daß er noch in einer Verdünnung von 1 : 6000 wahrgenommen werden kann. Er bildet eine gelbliche, harzartige Substanz, die in kaltem Wasser löslich ist, beim Erhitzen aber wieder zum Teil ausfällt.

135. **Hopfenbitterstoff** (Lupulin von Payen und Chevallier). Obwohl man sich mit der Erforschung des Hopfenbitterstoffes (aus den Dolden bzw. weiblichen Blütenständen von *Humulus lupulus* L., einer kultivierten Moracee) schon mehrfach beschäftigt hat, konnte bisher die chemische Individualität dieses Körpers nicht einwandfrei festgestellt werden. Von Ives (385) wurde er erstmalig erwähnt, Payen und Chevallier (386) versuchten zuerst seine Darstellung, wobei sie zu dem Ergebnis kamen, daß der von ihnen »Lupulin«[1]) genannte Stoff ein neutraler, amorpher, in Wasser und Alkohol löslicher Stoff sei. Personne (387) hielt ihn für stickstoffhaltig und Lermer (388) für eine Säure. Die Beschreibung Ettis (389) war ebenfalls unzulänglich. Mehr Anerkennung verschaffte sich das Hopfenbitter Issleibs (390). Dieser Forscher benützte die Eigenschaft der Knochenkohle, Bitterstoffe auf sich niederzuschlagen. Er behandelte damit den wässrigen Auszug von Hopfenzapfen bzw. von Lupulin (Hopfenmehl) und extrahierte dann aus der Kohle den Bitterstoff mittels 90%igem Alkohol. Dieser wurde abdestilliert und die restierende wässrige Lösung des Bitterstoffes mit Äther ausgezogen, wobei der Bitterstoff in den Äther überging. Nach dem Verdunsten des Äthers hinterblieb der Bitterstoff als hellgelbe extraktartige Masse, die in Wasser löslich war. Bei längerem Erwär-

[1]) Unter Lupulin versteht man gewöhnlich das Hopfenmehl, d. h. die Drüsen der weiblichen Blütenstände des Hopfens, in der Literatur findet man zuweilen aber auch andere Stoffe damit bezeichnet; so den Hopfenbitterstoff von Payen und Chevalier (386), die kleinen goldgelben, klebrigen Kügelchen im Hopfenmehl, vgl. König, Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel 1904, II, 1149, schließlich das von Griesmayer gefundene Bier-Alkaloid, vgl. Ztschr. f. d. gesamte Brauwesen (1885), 167.

men auf 60° erhält man ihn als amorphes Pulver, das aber in Wasser weniger gut löslich ist. In Alkohol, Äther, Benzin und Schwefelkohlenstoff ist das Präparat löslich. Es ist stickstoffrei und entspricht angeblich der Formel $C_{29}H_{46}O_{10}$. Hopfen liefert 0,004% und Lupulin 0,11%. Bei der Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure liefert der Bitterstoff Lupuliretin und Lupulinsäure, aber keinen Zucker; er ist demnach kein Glukosid:

$$\underset{\text{Bitterstoff}}{2\,C_{29}H_{46}O_{10}} + 3\,H_2O$$

$$= \underset{\text{Lupuliretin}}{C_{10}H_{16}O_4} + \underset{\text{Lupulinsäure}}{C_{48}H_{82}O_{19}}$$

Um keine Verwirrung zu verursachen, sehe ich davon ab, anzugeben, wie in älteren Handbüchern der Bitterstoff des Hopfens beschrieben und benannt wurde. Es genügt wohl, darauf hinzuweisen, daß der bittere Geschmack, den der Hopfen dem Bier verleiht, nicht nur auf den eigentlichen Hopfenbitterstoff, sondern auch auf die Hopfenbittersäuren (Lupulinsäuren) zurückzuführen ist. Über α-Lupulinsäure berichten Bamberger und Landsiedl (391), über β-Lupulinsäure Barth und Lintner (392). Sie wurden zuerst von Hayduk (393) und Bungener (394) eingehender beschrieben. Über die quantitative Bestimmung von Bitterstoffen im allgemeinen und von Hopfenbittersäuren (zuweilen Bitterstoffe genannt) im besonderen in Hopfen, Lupulin und Bier vgl. u. a. Prölß (395), Siller (396), Wagner (397), Feuerstein (398), Adler (399), Wiegmann (400), Seibriger (401), Winge-Jensen (402), Walker (403), Remy (404).

In ein neues Stadium traten die Forschungen über die Hopfenbitterstoffe durch die Arbeiten von C. J. Lintner (406) und W. Wöllmer (405). Hiernach sind zwei kristallinische, stickstoffreie Bitterstoffe die Träger des bitteren Geschmackes und der antiseptischen Eigenschaften des Lupulins (Hopfenmehls), nämlich das Humulon (= α-Hopfenbittersäure = α-Lupulinsäure), $C_{21}H_{30}O_5$, und das Lupulon (β-Hopfenbittersäure = β-Lupulinsäure), $C_{25}H_{36}O_5$.

Das Humulon zeigt schwach sauren Charakter, denn seine Natriumverbindung wird in wässrig-alkoholischer Lösung schon durch Kohlensäure zersetzt unter Ausscheidung von Humulon. Es bildet auch mit Schwermetallen, wie Blei und Kupfer, Salze; das Bleisalz bildet feine gelbe Nadeln, das Kupfersalz eine amorphe, grüne Masse. Die Gewinnung des Humulons geschieht durch Extraktion des Hopfenmehls mit kaltem Methylalkohol, Fällen mit Bleiazetat und Zerlegung des gebildeten Bleisalzes in ätherischer Aufschwemmung durch verdünnte Schwefelsäure (1 : 3). In reinem Zustande wird es über die salzartige Verbindung mit o-Phenylendiamin erhalten. Diese wird mittels Salzsäure und Äther zerlegt und so das Humulon als schwach gelbliche (rhomboedrische Kristalle vom Schmelzpunkt 65—66,5° erhalten. Es löst sich nur wenig in Wasser mit wenig bitterem Geschmack, leichter in Alkohol. Die alkoholische Lösung färbt sich mit Eisenchlorid rotviolett und reduziert ammoniakalische Silberlösung. Humulon kann als einbasische Verbindung alkalimetrisch titriert werden. Beim Erhitzen mit stark verdünnter Natronlauge in wässrig-alkoholischer Lösung wird es gespalten und zwar in eine ungesättigte Säure, die »Humulinsäure«, $C_6H_{10}O_2$, sowie Essigsäure und Isobutyraldehyd. Eine Strukturformel des Humulons hat Wieland (406 a) aufgestellt. Es sei nur bemerkt, daß Humulon und Lupulon ihren sauren Charakter nicht etwa einer Karboxylgruppe, sondern einem phenolischen Hydroxyl verdanken. Humulon ist optisch aktiv, Lupulon inaktiv.

Für die Beurteilung des bitteren Geschmackes des Bieres auf Grund seines Hopfensäuregehaltes sei noch darauf hingewiesen, daß nach Lüers und Baumann (407) Humulon während des Kochens (mit der Würze) verharzt und hierbei eine Zunahme des bitteren Geschmackes auftritt. Nach Wöllmer wird Humulon beim Kochen von der Würze mehr aufgenommen als das wenig bittere Lupulon, weil es in leichter lösliche Verbindungen übergeht.

Das Lupulon hat Th. K. Walker (408) weiter untersucht. Es konnte mit Natriumhydroxyd in wässrig-alkoholischer Lösung nicht gespalten werden wie das Humulon. Über seine Konstitution vgl. Wieland (406 a).

136. Hortia-Bitterstoff. Die frische und getrocknete Rinde von *Hortia arborea* Engl. (Rutacee) enthält nach Peckolt (409) einen amorphen Bitterstoff, die lufttrockene Rinde etwa 0,4%. Er wurde nach dem Bleiazetatverfahren hergestellt. Aus der ätherischen Lösung resultiert er als firnisähnliche Masse, die beim Zerreiben ein weißgelbliches Pulver liefert. Dieses besitzt einen beißend bitteren Geschmack, löst sich in Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform mit neutraler Reaktion und wird durch Tannin, Goldchlorid, Quecksilberchlorid und Mayers Reagens gefällt.

137. Hurin. Wird der eingedickte Milchsaft der *Hura crepitans* L. = *Hura brasiliensis* Willd. (Euphorbiacee) mit Alkohol extrahiert, dieses Extrakt eingedampft, mit Wasser erschöpft und das hierbei Ungelöste in Äther gelöst, so hinterläßt dieser beim Verdunsten einen öligen, bald kristallinisch erstarrenden Körper. Nach Boussingault und Rivero (410) schmilzt er über 100° und löst sich in Alkohol, Äther und fetten Ölen. Alkalien verändern ihn nicht. Peckolt (411) erhielt ihn in kleinen, glänzenden Schuppen von schwach alkalischer Reaktion. Dieses Hurin löste sich in angesäuertem Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform; in Wasser und Benzol war es unlöslich. Das von Surie (412) beschriebene Hurin war ein ganz anderer Körper, ein ätherisches Öl, das Peckolt aus dem Milchsafte herzustellen nicht gelang.

138. Hyänanchin. In den Samen und Samenschalen von *Hyaenanche globosa* Lamb. = *Toxicodendron capense* Thunbg. (Euphorbiacee) findet sich nach Henkel (413) ein Bitterstoff, der als Krampfgift einige Ähnlichkeit mit dem Strychnin aufweist. Es ist ein firnisartiger, amorpher Körper, der sehr bitter schmeckt und in Wasser löslich ist. Er soll ein chemisch indifferenter Stoff sein. Es berichten hierüber noch v. Engelhardt (414) und Merck (415).

139. Hymenodictyon-Bitterstoff fand Naylor (416) in der Rinde von *Hymenodictyon excelsum* Wall. = *Cinchona excelsa* Roxb. (Rubiacee) neben dem Alkaloid Hymenodictyonin. Der Bitterstoff bildet mikroskopisch kleine, farblose glimmerartige Blättchen, die sich in heißem Alkohol und verdünnten Säuren, aber nicht in Äther und Chloroform lösen. Die von Naylor aufgestellte Formel lautet

$$C_{25}H_{40}O_7.$$

140. Hyoscipikrin ist ein amorpher, wahrscheinlich glukosidischer Bitterstoff der Samen von *Hyoscyamus niger* L. (Solanacee), den Höhn (417) aus der alkoholischen, alkaloidfreien Mutterlauge der Hyoscyamusalkaloiddarstellung erhielt. Er ist stickstoffrei, aber noch nicht näher untersucht.

141. Ilicin, ein Bitterstoff aus *Ilex aquifolium* L. (Aquifoliacee) wurde von Déleschamps (418), Lebourdais (419), Moldenhauer (420) und Benemann (421) hergestellt und beschrieben. Hiernach hat es sich in allen Fällen um eine unreine, fragwürdige Substanz gehandelt, die bald amorph, bald kristallinisch isoliert worden ist. So hat sie Benemann angeblich in sehr geringer Menge aus alkoholischer Lösung in federartigen Kristallen erhalten, die nicht weiter untersucht wurden. Die Bitterstoffe der anderen genannten Forscher waren ganz unrein.

142. Ilixanthin ist ein von Moldenhauer (422) aus den im August gesammelten Blättern von *Ilex aquifolium* L. (Aquifoliacee) hergestellter Pflanzenfarbstoff, der zuweilen unter die Bitterstoffe gerechnet wird (vgl. Schmidt, Lehrb. d. pharm. Chemie 1923, II, 2095), obwohl sich für den bitteren Geschmack dieses Körpers in der Literatur keine Unterlagen finden lassen. Es ist ein stickstoffreier, in mikroskopisch kleinen, strohgelben Nadeln kristallisierender Körper von der Formel $C_{17}H_{22}O_{11}$, der bei ungefähr 198° schmilzt. In heißem Wasser und Alkohol ist er löslich, in Äther unlöslich. Die gelbe wässrige Lösung wird auf Zusatz von kaustischen oder kohlensauren Alkalien orangefarbig, durch Schwefelsäure entfärbt.

143. Imperatorin (Ostruthin) wurde zuerst von Wachenroder und Osan (423) aus den Rhizomen von *Imperatoria ostruthium* L. = *Peucedanum ostruthium* Koch (Umbellifere) in Mengen von 0,6% isoliert. Es berichteten dann hierüber noch Keller (424), Gorup-Besanez (425), Döbereiner (426) und Jassoy (427). Mit dem Peucedanin (siehe dieses

ist Imperatorin nicht identisch. Es bildet farblose Kristalle, die bei 119° schmelzen und die Formel $C_{18}H_{19}O_2OH$ besitzen. In Wasser ist es unlöslich, dagegen in Natronlauge und Ammoniak mit prächtiger blauer Fluoreszenz löslich. Durch Kohlensäure wird es aus dieser Lösung wieder ausgeschieden. Löslich ist es ferner noch in Äther, Alkohol, weniger in Benzol und Petroläther. Alkoholische Lösungen von Bleisubazetat, Ferrichlorid, Quecksilberchlorid und Silbernitrat fällen Ostruthin nicht. Beim Schmelzen mit Kaliumhydroxyd liefert es Resorcin, Essigsäure und Buttersäure. Über seine Konstitution ist noch nichts Näheres bekannt.

144. Intybin. In den Blüten von *Cichorium intybus* L. (Composite) hat schon im Jahre 1876 Nietzki (428) einen glukosidischen Bitterstoff gefunden, der namentlich in warmem, 30%igem Alkohol stark bitter schmeckte. Es handelte sich um einen schön kristallisierten Körper, der bei 100 bis 130° sein Kristallwasser verlor und bei 215—220° schmolz. In der Mutterlauge der Bleifällungen beobachtete der Autor noch einen zweiten, kristallinischen Körper, den er für den eigentlichen Bitterstoff der Cichorienblüte hielt. Später hat O. Schmiedeberg (429) in der gedarrten Cichorienwurzel einen Bitterstoff entdeckt, den er »Intybin« nannte. Er wurde aus dem wässrigen Auszug durch Bleiazetat gefällt und nach dem Ausfällen des Bleis mittels Schwefelsäure mit Essigäther ausgeschüttelt. Er bildete eine leicht gelbliche, amorphe Masse, von starkem bitterem Geschmack und war stickstoffrei. Er zeigte glukosidische Natur. Im Tierversuch erwies er sich als ungiftig. Die Ausbeute betrug annähernd 0,1 % der gedarrten Wurzel.

145. Ivain ist der von v. Planta-Reichenau (430) in dem Kraut von *Achillea moschata* Jacq. = *Ptarmica moschata* D. C. (Composite) entdeckte Bitterstoff, dem nach der Berechnung des Autors die Formel $C_8H_{14}O$ zukommt. Aus alkoholischer, mit Tierkohle versetzter Lösung erhielt er es als gelbliche, terpentinartige Masse, die in Wasser unlöslich, in Alkohol löslich war. Er zeichnet sich durch einen außerordentlich bitteren Geschmack aus. Auch Bruns (431) hat im Ivakraut einen Bitterstoff gefunden, der stickstoffrei ist und beim Schmelzen mit Kaliumhydroxyd Oxalsäure liefert. Alkaloidreagenzien fällen seine Lösungen nicht. Mit den Oxyden der alkalischen Erden gibt er Verbindungen, was eine phenolartige Eigenschaft nahelegt. Er ist sehr wahrscheinlich mit dem Plantaschen Bitterstoff identisch, Bruns ist wenigstens der Ansicht, daß im Ivakraut nur ein Bitterstoff vorhanden ist.

146. Jasmipikrin ist ein nicht glukosidischer Bitterstoff, den Vintilesco (432) aus den Zweigen von *Jasminum nudiflorum* Lindl. (Oleacee) gewonnen hat. Es ist eine in Wasser und Alkohol lösliche, braune, amorphe, hykroskopische Substanz, die sich als optisch inaktiv erwiesen hat. Damit identisch ist vielleicht der von Boorsma (433) aus den Blättern von *Jasminum glabriusculum* Bl. isolierte Bitterstoff.

147. Jatropha-Bitterstoff. In den Samen von *Jatropha multifida* L. (Euphorbiacee) findet sich nach Peckolt (434) ein amorpher Bitterstoff (etwa 1 %), der in Alkohol unlöslich, in Wasser und Äther löslich ist.

148. Juniperin. Extrahiert man die Beeren des *Juniperus communis* L. (Cupressinee) mit kaltem Wasser, treibt das ätherische Öl mit Wasserdämpfen ab und koliert den Rückstand heiß, so bildet sich nach Steer (435) ein Niederschlag in der erhaltenden Flüssigkeit. Dieser mit Alkohol ausgekocht liefert beim Verdampfen Juniperin als amorphes, gelbes Pulver. Es löst sich in Wasser und kann der wässrigen Lösung durch Äther entzogen werden, bei dessen Verdunsten es als hellgelbe Masse hinterbleibt. In Schwefelsäure löst es sich mit hellgelber, in Ammoniakflüssigkeit mit goldgelber Farbe.

149. Kamalin und Rottlerin. Unter Kamala versteht man die von den Früchten der *Rottlera tinctoria* Roxb. = *Mallotus philippinensis* Müll. (Euphorbiacee) abgebürsteten Haare und Drüsen, die als rotes Pulver in den Handel kommen. Mittels Äther kann man ihm einen Körper entziehen, der ein rotbraunes, kristallinisches Pulver darstellt, bei etwa 180° schmilzt und »Kamalin« genannt wurde (vgl. Mercks Index 1910, 161). Es löst sich in Alkohol und Äther und ist der Hauptsache nach ein mit rotem Harz verunreinigtes Rottlerin.

Rottlerin wurde zuerst von Anderson (436) im Jahre 1855 aus Kamala hergestellt. In der Folge beschäftigten sich noch Leube (437), Oettingen (438), Rochleder (439), Perkin (440), Bartolotti (441), Tellé (442), Jawein (443), Herrmann (444) und Thoms (445) mit seiner Darstellung und Zusammensetzung. Rochleder hielt es für ein Homologes des Aloepurpurins und Chrysophans und glaubte, daß es identisch sei mit dem bei der Hydrolyse des Aloins gebildeten roten Harz. Nach Perkin kommt ihm die Formel $C_{33}H_{30}O_9$ und der Schmelzpunkt 191—192°, nach Herrmann der Schmelzpunkt 199 bis 200° zu. Es bildet lachsfarbige Nadeln oder Täfelchen, die in Wasser und Petroläther unlöslich sind, sich aber in Alkohol, Äther, Chloroform und Alkalien lösen. Zur Herstellung des Präparates wird Kamala mit Petroläther entfettet und mit siedendem Benzol extrahiert, aus dem es beim Abkühlen und Verdampfen in Kristallen erhalten wird. Das von Bartolotti gewonnene Isorottlerin ist nach Herrmann mit Rottlerin identisch. Bemerkt sei, daß man früher das Rottlerin auch »Mallotoxin« (Schulze) genannt hat.

150. **Kamillen-Bitterstoff.** Von einem Bitterstoff der römischen Kamille, den Blüten von *Anthemis nobilis* L. (Composite), spricht Dujardin-Beaumetz (446) als einem bitteren, amorphen Extraktivstoff, der möglicherweise glukosidischer Natur sei. Nach Camboulizes (447) ist der Bitterstoff der römischen Kamillenblüten jedoch die kristallinische Anthemissäure, die Pattone (448) auch in den Blüten der Ackerkamille, *Anthemis arvensis* L. fand. Ob unter dieser Composite die *Matricaria chamomilla* L. zu verstehen ist, wie Werner (449) und Henkel (450) meinen, muß unentschieden bleiben, jedenfalls hat Werner die Anthemissäure auch in den Blüten der gewöhnlichen Kamille, der *Matricaria chamomilla* gefunden und daraus hergestellt. An der Identität der Anthemissäure aus den genannten Compositen dürfte jedenfalls kaum ein Zweifel herrschen. Werner hat sie nach einem sehr umständlichen, in seinen Einzelheiten nicht recht verständlichen Verfahren gewonnen, Camboulizes hat ein wesentlich einfacheres Verfahren eingeschlagen. Nach ihren Angaben ist die Anthemis- oder Kamillensäure von anhaltendem, bitterem Geschmack. Sie bildet farblose, seidenglänzende, prismatische Kristalle, die in Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform löslich sind. An der Luft zerfließen sie. Als Formel gibt Werner $C_{38}H_{41}O_5$ an. Über die Konstitution äußern sich die genannten Autoren nicht, es handelte sich aber wahrscheinlich um einen fragwürdigen Körper. Das Anthemidin, das Werner in den Blüten von *Matricaria chamomilla* gefunden haben will, und das zuweilen als Bitterstoff bezeichnet wird, besitzt keinen bitteren Geschmack. Werner bezeichnete es trotz der Formel $C_{24}H_{37}O_3$ auffallenderweise als Alkaloid. Camboulizes konnte es nicht erhalten. Pattone hat angeblich in *Anthemis arvensis* ein kristallisiertes Alkaloid Anthemin gefunden, das ebenfalls geschmackfrei gewesen sein soll. Seine Alkaloidnatur ist der Beschreibung nach sehr zweifelhaft.

151. **Karakin** (Carakin). Der von Skey (451) aus den Samen von *Corynocarpus laevigata* Forst. (Anacardiacee) gewonnene Bitterstoff wird nach dem Kohleadsorptionsverfahren hergestellt und bildet weiße, sternförmig gruppierte Nadeln, die bei der Siedetemperatur des Wassers schmelzen, in Wasser, Alkohol und Alkalien löslich, in Äther und Chloroform unlöslich sind. Nach Easterfield und Aston (452) ist das Karakin aber nicht stickstoffrei, wie Skey angab, sondern entspricht der Formel $C_{15}H_{24}O_{15}N_3$. Wenn es vollkommen rein ist, kristallisiert es in Blättchen vom Schmelzpunkt 122°. Es ist bei Abwesenheit von Enzymen wenig giftig. Easterfield glaubt, daß das Karakin glukosidischer Natur ist, ebenso wie das neben ihm vorkommende Korynokarpin.

152. **Kastanien-Bitterstoff.** In der Kastanie, dem Samen von *Aesculus hippocastanum* L. (Hippocastanacee), dem Roßkastanienbaum ist ein Bitterstoff enthalten, über den, streng genommen, eigentlich nichts Näheres in chemischer Beziehung bekannt geworden ist. In der Literatur nennt man ihn zuweilen den »typischen Roßkastanienbitterstoff«, ohne daß man

eine befriedigende Auskunft über seine chemische Zusammensetzung oder seine physikalischen Eigenschaften geben könnte. Er ist wahrscheinlich eine Harzbittersäure, wie man solche auch im Hopfen gefunden hat. Für diese Ansicht spricht der Umstand, daß der erste wohlcharakterisierte Bitterstoff, der in der Literatur beschrieben wurde, eine Säure war, nämlich die von Fremy (453) besprochene Äsculinsäure. Jedenfalls handelt es sich nicht um eine Karbonsäure, sondern um einen Körper mit einem oder mehr phenolischen Hydroxylen, der aber mit Alkalien und Schwermetallen salzartige Verbindungen einzugehen vermag.

Die Äsculinsäure bildet nach Fremy weiße, körnige Kristalle, die in Wasser sehr schwer, in Äther gar nicht und in Alkohol leicht löslich sind. Beim Erwärmen schmilzt sie unter Zersetzung. Ihre Zusammensetzung entspricht der empirischen Formel $C_{20}H_{92}O_{24}$. Fremy hat sie durch Behandlung mit Roßkastaniensaponin mit Salzsäure in der Kälte oder mit Kalilauge in der Wärme erhalten. Im letztgenannten Falle bildet sich äsculinsaures Kalium, das durch Säuren zersetzt wird. Irgendeine Bedeutung hat die Äsculinsäure nicht erlangt. Man findet in der Literatur zuweilen »Äsculinsäure« als identische Bezeichnung für Äsculin. Eine Berechtigung liegt hierfür meines Erachtens nicht vor, da das Äsculin unter normalen Verhältnissen in der Roßkastanie gar nicht vorhanden ist, sondern erst bei der Keimung in geringen Mengen entsteht. Es wird auch nur aus der Rinde des Kastanienbaumes gewonnen.

Daß der Roßkastanienbitterstoff eine Harzsäure sein kann, dafür spricht außerdem noch die Erfahrung, daß er sich unschwer aus der zerstoßenen Kastanie mittels 50%igem Alkohol oder verdünnter Sodalösung ausziehen läßt. Um das Kastanienmehl zu Nährmitteln für Mensch und Tier brauchbar zu machen, hat man sich schon seit Jahrzehnten bemüht, den unangenehmen Bitterstoff daraus zu entfernen, und es existiert eine Reihe von Patenten, welche zur Herstellung entbitterter Präparate (Stärkemehl) genommen wurden, wie von: Flügge, Chem. Zentralbl. 1900, II. 1096; Gießler, ebenda 1916, I. 1104; Elektro-Osmose-Ges. Berlin, ebenda 1919, IV. 465; Schmidt, ebenda 1921, II. 908; Wischin, ebenda 1924, I. 2908. Würden die glukosidischen bzw. saponinartigen Stoffe der Roßkastanie allein deren Bitterkeit verursachen, so würde eine Behandlung mit Wasser allein wohl schon genügen, um das Kastanienmehl in kurzer Zeit zu entbittern. Es hat aber den Anschein, als ob die raschere und vollständigere Entbitterung mit verdünntem Alkohol oder Sodalösung auf der leichteren Löslichkeit einer Harzsäure in diesen Medien beruhe, wenn diese zum Teil ursprünglich auch zur Verhütung von Schimmelbildung gewählt worden sind. Der Beweis hierfür müßte aber erst noch erbracht werden.

Bezüglich der Verwendung des entbitterten Kastanienmehls zur Brot- und Futtermittel-Gewinnung sei noch auf die Mitteilungen von Laves (454), Auld (455), Serger (456), Prausnitz (457) und Wischo (458) verwiesen.

Ein weiterer Bitterstoff, der in den Samen der Roßkastanie gefunden wurde, ist das von Rochleder (459) beschriebene glukosidische Argyräscin, $C_{27}H_{42}O_{12}$, das mittels der Bleifällung und Umkristallisierung aus verdünntem Alkohol in mikroskopisch kleinen sechsseitigen Tafeln erhalten wurde. Es ist in Wasser und Alkohol löslich. Beim Erwärmen mit verdünnten Mineralsäuren zerfällt es in Glukose und Argyräscetin, $C_{21}H_{30}O_6$. Beim Erhitzen verkohlt es ohne zu schmelzen.

Das ebenfalls bitter schmeckende Äsculin gehört zu den Glukosiden.

153. Kolophonium-Bitterstoff. Nach Tschirch und Studer (460) erhält man aus dem amerikanischen Kolophonium von *Pinus australis* Mich. und *P. heterophylla* Elb. (Conifere, Abietinee) durch Ausziehen mit siedendem Wasser einen amorphen Bitterstoff als braune Masse, die sich in Wasser, Alkohol und Äther löst und mit Eisenchlorid, Bleiazetat und Tannin in wässriger Lösung Niederschläge gibt.

154. Kosam-Bitterstoff. In den Kosamsamen der *Brucea sumatrana* Roxb. (Simarubacee) haben Heckel und Schlagdenhauffen (461) einen Bitterstoff gefunden, den sie mit Quassin identifizierten. Allein Power und Lees (462) lehnten

diese Behauptung als unrichtig ab. Nach ihrer Angabe sind in den Kosamsamen zwei Bitterstoffe enthalten. Vgl. Brucea-Bitterstoff und Brucamarin.

155. Kosin (Kosein, Kussin, Koussein, Taeniin) ist der Bitterstoff aus den kurz nach der Blütezeit gesammelten, weiblichen Blüten von *Hagenia abyssinica* Willd. = *Brayera anthelminthica* Kunth. = *Bankesia abyssinica* Bruce (Rosacee). Man nimmt gewöhnlich an, daß Kosin in der Droge nicht vorgebildet ist, sondern daß es erst bei der Darstellung, vermutlich unter der Einwirkung des mitverwandten Kalks, aus dem sogen. »Kosotoxin« (siehe unten) entsteht. Der erste Versuch seiner Herstellung läßt sich auf Wittstein (463) zurückführen, dann haben sich Pavesi (464), Bedall (465), Flückkiger und Buri (466), Leichsenring (467), Daccomo und Malagnini (468), Kondakow und Schatz (469), Lobeck (470) und Lewin (471) um seine Herstellung, Eigenschaften und Zusammensetzung bemüht. Nach der Bedallschen Darstellungsmethode erhält man das sogen. »amorphe«, sehr bitter schmeckende Kosin, ein grauweißes, kristallinisches Pulver von saurer Reaktion. Es ist in Wasser schwer, in Alkohol, Äther und Alkalien leicht löslich. Dieses Präparat ist aber nicht rein. Durch Umkristallisieren aus 95%igem Alkohol oder Eisessig erhält man es in geschmacklosen, neutralen, gelben Kristallen vom Schmelzpunkt 142—150°. Es ist dies das Kosin der *Pharmacopoea Hungarica II.* von der Zusammensetzung $C_{23}H_{30}O_7$, das in kaltem und heißem Wasser kaum, in Alkohol wenig, in Äther, Benzol, Chloroform und Schwefelkohlenstoff leicht löslich ist. Die kalt gesättigte, alkoholische Lösung wird durch Eisenchlorid rot gefärbt. Dieses Handelsprodukt ist aber, wie Lobeck, Daccomo und Malagnini gezeigt haben, keine einheitliche Substanz, sondern ein Gemisch von zwei gleich zusammengesetzten Körpern der Formel $C_{23}H_{30}O_7$, dem α- und dem β-Kosin. Bemerkt sei noch, daß für das Kosin von Flückiger die Formel $C_{31}H_{38}O_{10}$, von Daccomo $C_{22}H_{26}O_7$, von Leichsenring $C_{23}H_{30}O_7$ und von Kondakow $C_{22}H_{30}O_7$ oder $C_{22}H_{32}O_7$ aufgestellt worden ist.

Das bei 160° schmelzende α-Kosin bildet zitronengelbe Nadeln, die in Wasser so gut wie unlöslich sind, sich aber in Alkohol, Äther, Benzol, Chloroform und Eisessig lösen. α-Kosin löst sich auch in kaustischen Alkalien und in konz. Schwefelsäure. Diese Lösung ist gelb und wird beim Erwärmen rot, wobei der Geruch nach Isobuttersäure auftritt. Bei zehn Minuten langem Erwärmen bildet sich nach Lobeck auch Methylphlorogluzinmethyläther. Soweit seine Konstitution erforscht ist, hat es die Formel

$$C_{21}H_{21}O_2(OH)_3(OCH_3)_2.$$

Das bei 120° schmelzende β-Kosin bildet gelbe Prismen. Über seine Konstitution ist noch nichts Näheres bekannt als die Formel $C_{21}H_{24}O_5(OCH_3)_2$. Es ist in heißem Alkohol leichter löslich als α-Kosin und verhält sich gegenüber Reagenzien ähnlich wie dieses. Im Kosin des Handels ist es nur in sehr geringen Mengen vorhanden, der überwiegende Bestandteil ist das α-Kosin.

In einem Herstellungsverfahren werden aus dem Kusso des Handels Kosotoxin und Protokosin gewonnen.

Das Protokosin wird erhalten, indem man das ätherische Kussoextrakt mit Petroläther auszieht, diesen verdampft, den Rückstand mit Äther behandelt und mit Sodalösung schüttelt. Der so erhaltenen alkalischen Lösung wird nach dem Ansäuern mit Schwefelsäure das Protokosin abermals mit Äther entzogen, der Äther verdunstet und das Protokosin aus Alkohol umkristallisiert. Es bildet weiße Nadeln vom Schmelzpunkt 176°, ist unlöslich in Wasser, leicht löslich in heißem Alkohol sowie in Äther und Chloroform. Nach Leichsenring hat es die Formel $C_{27}H_{32}O_7(OCH_3)_2$.

Aus den Mutterlaugen des Protokosins gewinnt man das Kosotoxin, ein amorphes, gelbliches Pulver, das nach Kondakow der Zusammensetzung $C_{25}H_{32}O_9$ bzw. $C_{27}H_{32}O_7OCH_3$ entspricht, nach Lobeck bei 62° und nach Leichsenring bei 80° schmilzt. Es löst sich in Alkohol, Äther und Chloroform, in Wasser ist es unlöslich. Die Lösung in konz. Schwefelsäure färbt sich beim Erwärmen rot. Es reduziert Fehlingsche Lösung und ammoniakalische Silberlösung. Durch Behandeln mit Baryumhydroxydlösung

wird es nach Leichsenring in α-Kosin übergeführt, desgleichen durch Zinkstaub und Natronlauge, neben anderen Umsetzungsprodukten, wie Dimethyl- und Trimethylphlorogluzin. Eine ähnliche Umsetzung des Kosotoxins in α-Kosin dürfte bei der Herstellung von Kosin aus den Kossoblüten stattfinden.

Aus den Mutterlaugen des Protokosins hat Lobeck noch einen anderen Körper, das Kosidin, gewonnen. Es hat die Formel $C_{29}H_{40}O_9(OCH_3)_2$, bildet farblose Kristalle vom Schmelzpunkt 178° und löst sich in heißem Alkohol sowie in Äther, Benzol, Chloroform und kaustischen Alkalien.

156. Lactucin. Dieser Bitterstoff wird aus dem Lactucarium, dem getrockneten Milchsaft von *Lactuca virosa* L., *L. sativa* L., *L. canadensis* L., *L. altissima* Bieb. und *L. scariola* L. (Compositen) gewonnen. Von Buchner (473) im Jahre 1833 erstmalig hergestellt, wurde er in der Folge noch von Aubergier (474), Pagenstecher (475), Ludwig und Kromayer (475a), Mouchon (476), Walz (477), Bley (478) und Anselmi (479) besprochen. Kromayer fand im deutschen Lactucarium bis zu 0,3% Lactucin. Es bildet feine, gelblichweiße Kristalle, Schuppen oder Täfelchen, die sich in Alkohol leicht, in Wasser und Äther schwer lösen. Die Lösungen reagieren neutral. Beim Erhitzen schmilzt das Lactucin, ein genauer Schmelzpunkt wurde aber nicht gefunden. Die Konstitution ist noch nicht näher erforscht. Von Kromayer wurde die Formel $C_{11}H_{14}O_4$ oder $C_{22}H_{36}O_7$ angenommen.

Neben dem Lactucin findet sich im Lactucarium noch der Bitterstoff Lactucopikrin, der schon von Bley und Kromayer genannt wurde, bisher aber noch nicht näher untersucht wurde. Es ist ein amorpher, mehr oder weniger braun gefärbter Körper.

157. Laennecia-Bitterstoff. *Laennecia parvifolia* D. C. (Composite) enthält in ihren Samen einen gelben, amorphen, neutralen Bitterstoff, über den Maisch (480) kurz berichtet hat. Er ist anscheinend noch nicht näher studiert.

158. Lansium-Bitterstoffe. In den Samen von *Lansium domesticum* Jack. (Meliacee) sind nach Boorsma (481) zwei giftige Bitterstoffe enthalten, von denen der eine nur in kaustischen, der andere nur in kohlensauren Alkalien löslich ist. Näher untersucht sind sie nicht.

159. Laricin, der Bitterstoff aus *Polyporus officinalis* Fr. (Polyporacee), dem Lärchenschwamm, wurde von Martius (482) hergestellt. Er ist mit Agaricin identisch (siehe dieses). Nicht zu verwechseln ist er mit dem von Hartig (483) im Kambialsafte der *Larix europaea* D. C. (Conifere) zuerst aufgefundenen, »Laricin« genannten Glukosid Coniferin oder Abietin.

160. Laserpitin ist der Bitterstoff aus der Wurzel von *Laserpitium latifolium* L. (Umbellifere), der nach Feldmann (484) geschmacklos, in alkoholischer Lösung aber intensiv bitter sein soll. Er beschreibt das Laserpitin als farblose, rhombische Kristalle vom Schmelzpunkt 114°. Bei höherer Temperatur sublimiert es ohne Zersetzung. Die beim Erhitzen geschmolzene Masse erstarrt beim Erkalten amorph. Der Bitterstoff ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Äther, Chloroform, Benzin und fetten Ölen. Er löst sich in Schwefelsäure mit kirschroter Färbung, ist aber kein Glukosid. Als Formel stellte der Autor $C_{24}H_{36}O_7$ auf. Da beim Schmelzen mit Kaliumhydroxyd Laserol und Angelikasäure entstehen, ist Feldmann der Ansicht, daß Laserpitin eine Verbindung von 2 Molekülen Angelikasäure mit 1 Molekül des zweiatomigen Alkohols Laserol ist. Krüger (485) hat die Angaben Feldmanns im großen und ganzen bestätigt, aber als Formel $C_{39}H_{58}O_{10}$ berechnet. Külz (486) gibt hingegen $C_{15}H_{22}O_4$ an. Er erhielt den Bitterstoff in Form monokliner Kristalle mit dem Schmelzpunkt 118°. Aus Essigsäure kristallisiert er mit 1 Molekül Essigsäure, das bei 100° nur zum Teil weggeht.

161. Lathyrin ist ein Bitterstoff, der sich in den Samen verschiedener Lupinusarten findet wie von *Lupinus varius, L. hirsutus, L. perennis* und *L. luteus* (Leguminosen). Nach Reinsch (487) ist es eine in Wasser und Alkohol lösliche; in Äther unlösliche, amorphe, fast farblose Substanz. Daß es sich um einen einheitlichen, charakteristischen Körper gehandelt hat, ist zum mindesten zweifelhaft.

162. Leonotis-Bitterstoff ist in den Blättern von *Leonotis nepetaefolia* R. Br.

(Labiate) enthalten und kann mittels des Tanninverfahrens gewonnen werden. Peckolt (488) erhielt 0,2% der angewandten Droge. Es ist ein amorphes, gelbliches Pulver, löslich in siedendem Wasser, in Alkohol, Methylalkohol, Äther und Choroform, unlöslich in kaltem Wasser, Petroläther, Benzol und Ammoniakflüssigkeit. Mit den üblichen Alkaloidreagenzien gibt es Niederschläge.

163. Leonurus-Bitterstoff aus dem Kraut von *Leonurus cardiacus* L. (Labiate) beschreibt Naylor (489) als amorphe Substanz, die in Alkohol, Äther und Chloroform löslich, in Wasser, Benzol und Petroläther unlöslich ist. Nähere Angaben über diesen Bitterstoff liegen nicht vor.

164. Leptandra-Bitterstoff. Man nimmt für gewöhnlich an, daß das Glukosid Leptandrin, das v. Schröder (490) beschrieben hat, das bittere und wirksame Prinzip des Wurzelstockes von *Leptandra virginica* L. (Scrophularinee) darstellt. Es ist aber nach Reeb (491) auch ein eklektisches Resinoid im Gebrauch, das durch Fällen des alkoholischen Auszuges der Wurzel mit Wasser hergestellt wird. Es enthält neben Glukosid noch harzige Substanzen und wird im Handel und in der Literatur ebenfalls »Leptandrin« genannt. Es ist ein bitterschmeckendes, bräunlichgelbes Pulver, das in Alkohol löslich ist (492). Nach Steinmann (493) ist das bittere Prinzip der Leptandra jedoch kein Glukosid, sondern ein Bitterstoff. Er erhielt ihn durch Ausschütteln der sauren wässrigen Lösung mit Benzol und Umkristallisieren aus Äther in hellzitronengelben Kristallen, die in Alkohol, Äther und Benzol, nicht aber in Petroläther löslich sind. Durch Tannin und Quecksilberkaliumjodid wird es aus seinen Lösungen gefällt.

165. Leucodrin. Diesen Bitterstoff fand im Jahre 1895 Merck (494) neben dem Glukosid Leucoglycodrin in den Blättern von *Leucodendron concinnum* R. Br. (Proteacee). Es bildet weiße, bei 211—213° schmelzende Prismen, welche in Wasser schwer, in kaltem Alkohol mäßig löslich sind. Es ist optisch linksdrehend. In Schwefelsäure löst es sich farblos, in Ammoniakflüssigkeit und Alkalien mit rötlicher, bald gelblich werdender Färbung. Nach Merck kommt dem Leucodrin die Formel $C_{15}H_{16}O$, bzw. $C_{15}H_8(OH)_8$, nach Hesse (495) die Formel $C_{18}H_{20}O_9$ bzw. $C_{18}H_{17}O_6(OH)_3$ zu. Nach Hesse ist das Leucodrin ein dreiwertiger Alkohol. Das von Beck (496) hergestellte Proteacin ist möglicherweise unreines Leucodrin gewesen.

166. Ligustrin (Ligustron). Polex (497) hat im Jahre 1839 aus den Blättern von *Ligustrum vulgare* L. (Oleacee) einen Bitterstoff hergestellt, den er Ligustrin nannte und als eine hygroskopische, honiggelbe Masse beschrieb, die in Wasser und verdünntem Alkohol, nicht aber in Äther und absolutem Alkohol löslich war und durch Metalloxyde nicht gefällt wurde. In Schwefelsäure löste sich das Präparat mit kornblumenblauer bis violetter Färbung. Polex hat sein Ligustrin selbst nicht für eine reine Substanz gehalten. Kromayer (498) versuchte später nach den Angaben Bleys (499) die Herstellung des Bitterstoffes auf verschiedene Weise. Er erhielt aus der Rinde eine amorphe Masse in der Farbe des hellen Orleans und nannte sie »Ligustrogenin«, ferner aus den Blättern eine höchst bittere, amorphe, braune Masse, die er für das Ligustrin - Polex hielt und einen Bitterstoff, den er mittels Adsorption an Knochenkohle gewann und »Ligustropikrin« nannte. Bei weiteren Versuchen isolierte Kromayer (500) aus den Blättern einen in farblosen Nadeln kristallisierenden Körper, den er mit dem Syringin für identisch, also für ein Glukosid hielt, obwohl er etwas niedrigeren Schmelzpunkt (185—190°) zeigte, als das Syringin aus den Blättern von *Syringa vulgaris* L. Als »Ligustron« bezeichnete Kromayer (501) einen neben dem Syringin im Liguster vorkommenden Bitterstoff, der der Mutterlauge des Syringins durch Äther entzogen werden kann. Er bildet strahlig vereinigte Nadeln von »bitterem, erwärmendem« Geschmack und neutraler Reaktion und dem Schmelzpunkt etwas über 100°. Zwischen 260 und 280° sublimiert er unzersetzt. In Wasser, Alkohol und Äther löst er sich leicht. In konzentrierter Schwefelsäure ist er mit gelblicher Färbung löslich. Er ist glukosidischer Natur.

167. Limonin wurde zuerst von Bernays (502) aus den Kernen bzw. Samen

der Zitronen und Apfelsinen hergestellt. Aus dem alkoholischen Extrakt schieden sich kleine, weiße Kristalle ab, die stark bitter schmeckten und bei 244° schmolzen. In Wasser und Äther wenig löslich, lösten sie sich leicht in Alkohol und Eisessig. In Schwefelsäure lösten sie sich mit blutroter Färbung. Schmidt (503) stellte die Formel $C_{42}H_{25}O_{13}$, Paternó und Ogialoro (504) $C_{26}H_{30}O_8$ auf. Peters und Frerichs (505) berechneten die Formel $C_{22}H_{26}O_7$, fanden aber, daß der Schmelzpunkt bei 275° liegt. In chemischer Beziehung scheint das Limonin ein wenig reaktionsfähiger Körper zu sein. Es wird von Alkalien nicht verändert und ist gegen Oxydationsmittel sehr widerstandsfähig. Mit Columbin ist Limonin nicht identisch, wie Schmidt vermutet hat.

168. Linarin ist der Bitterstoff aus dem Kraut der *Linaria vulgaris* Mill. (Scrophulariacee), der von Walz (506) neben einigen anderen Stoffen, wie Linaracrin und Linarosmin isoliert wurde. Linarin ist ein weißer, kristallinischer Körper, der in Wasser und Alkohol löslich ist. Er ist nicht identisch mit dem aus demselben Kraute von Kloob und Flandre (507) hergestellten Glukosid α-Linarin.

169. Linin, der Bitterstoff aus *Linum catharticum* L. (Linacee) wurde von Pagenstecher (508), Buchner (509), Schröder (510) und Kownacki (511) hergestellt und beschrieben. Es bildet hiernach weiße Nadeln vom Schmelzpunkt 205° und der Formel $C_{23}H_{22}O_9$. In Chloroform, Eisessig und kaustischen Alkalien ist es leicht, in Alkohol, Methylalkohol, Äther, Benzol und Azeton weniger löslich, in Wasser unlöslich. Aus seinen Lösungen wird es durch Petroläther gefällt, da es in diesem unlöslich ist. In konzentrierter Schwefelsäure löst sich Linin mit roter, in konzentrierter Phosphorsäure mit rosavioletter Färbung. Tannin und Bleiazetat fällen die alkoholische Lösung nicht. Linin ist optisch inaktiv. Daß es mit dem von Hills und Wynne (512) genannten Glukosid »Linin« ($C_{23}H_{24}O_9$) identisch ist, kann nicht ohne weiteres von der Hand gewiesen werden.

170. Linociera-Bitterstoff. In der Rinde von *Linociera macrocarpa* Brch. (Oleacee) hat Boorsma (513) einen Bitterstoff gefunden, einen gelben, amorphen Körper, der in Wasser schwer, in Alkohol, Eisessig, auch in Äther und Chloroform reichlicher löslich ist. Näheres über diesen Stoff ist nicht bekannt geworden.

171. Liriodendrin. In der frischen, im Winter gesammelten Wurzelrinde des Tulpenbaumes, *Liriodendron tulipifera* L. (Magnoliacee) findet sich nach Emmet (514) ein Bitterstoff (2—3 %), der farblose, neutrale Nadeln oder Schuppen bildet. Dieses Liriodendrin schmilzt bei 82° und sublimiert bei höherer Temperatur unter teilweiser Zersetzung. In siedendem Wasser, sowie in Alkohol und Äther ist es leicht löslich. In konzentrierter Schwefelsäure löst es sich mit orangegelber Färbung, in konzentrierter Salzsäure zersetzt es sich unter Abscheidung eines grünen Körpers. Von späteren Forschern wurde in der genannten Wurzelrinde kein Bitterstoff gefunden. So hat Bouchardat (515) ein Alkaloid (Piperin?) und Lloyd (516) ein Alkaloid »Tulipiferin« isoliert, allerdings nicht aus der Wurzel-, sondern aus der getrockneten Zweigrinde.

172. Liriosma-Bitterstoff. Im Holz der *Liriosma ovata* Miers. (Oleacee), dem sogenannten »Muira Puama« (stammt vielleicht auch von *Acanthea virilis*), hat Kleesattel (517) einen Bitterstoff vermutet. Peckolt (518) fand in der Wurzel (Rinde und Stamm) neben dem Alkaloid (?) Muyrapuamin einen amorphen Bitterstoff (annähernd 0,5%), eine zu gelblichem Pulver zerreibliche Masse, die sich in Wasser, Alkohol, Methylalkohol, Amylalkohol und Azeton löst. Die wässrige Lösung reagiert neutral und wird durch Tannin, Goldchlorid und Phosphormolybdänsäure gefällt.

173. Loliin ist ein etwas fragwürdiger Körper, der von Bley (519), Ludwig und Stahl (520) beschrieben wurde. Nach Bley ist der Bitterstoff ein schmutzigweißes, in Wasser und Alkohol lösliches Pulver. Aus der alkoholischen Lösung wird es durch Äther ausgefällt. Ludwig und Stahl beschreiben ihn als zähe, gelbe, in Wasser und Alkohol lösliche Masse von bitterkratzendem Geschmack. Hofmeister (521) fand neben dem Alkaloid »Temulin« ein gelbes, bitter und scharf schmeckendes, in Äther und Chloroform lösliches, harzartiges Glukosid, das vielleicht mit dem von Ludwig und

Stahl beschriebenen glukosidischen Bitterstoff identisch ist.

174. **Lucumin.** In den Samen von *Lucuma cainito* D. C. (Sapotacee) fand Peckolt (522) 1,2% — nach anderer Lesart 6,5% — Bitterstoff, den er »Lucumin« nannte. Es ist ein weißes amorphes Pulver, das man erhält, wenn die wässrige Lösung des spirituösen Extraktes mit einigen Tropfen Ammoniakflüssigkeit und Tannin versetzt, und der gebildete Niederschlag in der üblichen Weise mit Bleioxyd weiter verarbeitet wird. Es ist in Wasser, Alkohol, Amylalkohol, Methylalkohol löslich, in Äther und Chloroform unlöslich.

175. **Lycopin** ist der von Geiger (523) aus den Blättern von *Lycopus europaeus* L. (Labiate) isolierte Bitterstoff, eine harzartige, farblose, durchsichtige, amorphe Substanz, die zu einem weißen Pulver zerrieben werden kann. Er löst sich in Wasser, Alkohol, Äther und heißem Eisessig.

176. **Lycopodium-Bitterstoff.** Aus dem Kraut von *Lycopodium chamaecyparissias* A. Br. = *Lycopodium complanatum* L. (Lycopodiacee) haben Kamp und Bödecker (524) eine unreine, vermutlich glukosidische Substanz in Sirupform gewonnen, die sie als den Bitterstoff genannten Krautes betrachteten. Nach ihrer Beschreibung war es eine sirupartige, mit Kristallen durchsetzte Masse, die in Wasser, Alkohol und Äther löslich war.

177. **Macacugin.** In den Blättern (und Wurzeln) verschiedener Passifloraceen, wie *Passiflora alata* Ait., *P. edulis* Sims., *P. actinia* Hook und *P. Eichleriana* Mast. fand Peckolt (525) zwei bitter schmeckende Körper, einen kristallinischen und einen amorphen. Der kristallinische bildet transparente, farblose Nadeln, die in Chloroform, Alkohol, Essigäther und angesäuertem Wasser löslich, in Wasser, Benzol und Petroläther unlöslich sind. In Schwefelsäure löst sich der Stoff mit blutroter Farbe, die allmählich verblaßt. Es handelt sich vielleicht um ein Alkaloid oder das in der Literatur zuweilen genannte, in seiner Zusammensetzung aber unbekannte »Passiflorin«. Der amorphe Körper, das Macacugin, bildet eine hellgelbe Masse, die sich zu einem weißgelblichen Pulver zerreiben läßt. Es löst sich in Methylalkohol, Amylalkohol, Alkohol und Wasser, ist hingegen in Äther, Benzol, Chloroform und Petroläther unlöslich. Die Lösungen werden durch Goldchlorid, Quecksilberchlorid und Phosphormolybdänsäure gefällt.

178. **Macrocarpin** ist ein chemisch nicht näher bekannter Bitterstoff aus der Wurzel von *Thalictrum macrocarpum* Gren. (Ranunculacee), in der auch das Alkaloid Thalictrin vorkommen soll. Es liegen hierüber Mitteilungen von Doassans, Mourrut, Hanriot (526) und Rochefontaine (527) vor. Doassans beschreibt es als gelbe Kristalle, die an das Alkaloid Berberin erinnern, mit diesem ist es aber angeblich nicht identisch, da es sich mit Ammoniak nicht braun färbt. Es kristallisiert mit einem Alkaloid zusammen, dem ursprünglichen Thalictrin, und läßt sich von diesem trennen. Man erhält so das eigentliche Macrocarpin, das nicht giftig sein soll, und das toxische Thalictrin. Macrocarpin bildet Nadeln, die in Wasser unlöslich, in Alkohol, Äther und Chloroform löslich sind. Trotz der fehlenden Ammoniakreaktion liegt es nahe, daß Macrocarpin mit Berberin identisch ist, vielleicht auch ein Derivat davon darstellt. Die pharmakologische Untersuchung wurde von Rochefontaine ausgeführt, läßt aber keine sicheren Schlüsse auf die Identität von Macrocarpin und Berberin zu.

179. **Mangostin.** In den Fruchtschalen von *Garcinia Mangostana* L. (Guttifere) fand Schmid (528) den Bitterstoff Mangostin, goldgelbe, dünne Blättchen, die neutral reagieren, bei 190° schmelzen und bei höherer Temperatur sublimieren. Mangostin ist in Wasser unlöslich, löslich in Alkohol, Äther und Alkalien sowie in konzentrierter Schwefelsäure mit gelbroter Färbung. Seine Formel lautet $C_{20}H_{22}O_5$, was von Liechti (529) bestätigt werden konnte. Schmid hat die Vermutung ausgesprochen, daß Mangostin dem bitteren Stoffe chemisch nahe stehe, der bei der Oxydation von Gummi Gutti entsteht, über den schon Braconnot (530) und Berzelius (531) Mitteilung gemacht hatten. Liechti fand hierfür keine Anhaltspunkte. Erwähnt wird Mangostin noch von Combs (532) in einer Beschreibung der cubanischen Medizinalpflanzen.

180. **Manihot-Bitterstoff** aus den Blättern von *Manihot Glaziovii* Müll. Arg. (Euphorbiacee) bildet nach Peckolt (533) eine gelbe Masse oder ein weißgelbliches Pulver, das in Alkohol, Benzol und Chloroform sowie in heißem Wasser löslich ist. Die Lösung gibt mit Jodjodkalium, Quecksilberchlorid, Tannin und Mayers Reagens Niederschläge.

181. **Marrubiin.** Als erster Darsteller dieses Bitterstoffes wird Mein (534) genannt. Außer ihm haben ihn Harms (535), Kromayer (536), Hertel (537), Morrison (538), Matusow (539) und Gordin (540) näher studiert. Er wird aus dem Kraut von *Marrubium vulgare* L. (Labiate) in der Weise gewonnen, daß man die wässrige Abkochung zur Sirupkonsistenz bringt, mit Alkohol extrahiert, diesen abdestilliert, den Rückstand mit Kochsalz versetzt und mit Äther ausschüttelt. Beim Verdunsten des Äthers hinterbleibt das Marrubiin, das aus heißem Alkohol unter Zusatz von Wasser umkristallisiert wird. Es bildet farblose Nadeln oder Tafeln. Es schmilzt nach Harms bei 148°, nach Kromayer bei 160°, nach Morrison bei 152—153°, nach Matusow bei 154—155° und nach Gordin bei 154,4—155,5°. Morrison stellte die Formel $C_{40}H_{58}O_9$, Matusow $C_{30}H_{43}O_6$ und Gordin $C_{21}H_{28}O_4$ auf. Gordin hat übrigens eine andere Darstellungsweise angegeben. Er zog das getrocknete Kraut mit Azeton aus, dieses wurde abdestilliert, der Rückstand mit Petroläther und dann mit heißem Wasser extrahiert und der nun verbleibende Rückstand unter Zuhilfenahme von Tierkohle mehrmals mit Äther umkristallisiert. Der Bitterstoff enthält nach Gordin weder eine Hydroxyl- noch eine Karbonylgruppe. Beim Kochen mit alkoholischer Kalilauge entsteht Marrubiinsäure, $C_{20}H_{28}O_2(OH)COOH$. Gordin hält das Marrubiin für ein γ-Lakton. Näheres ist über seine Konstitution nicht bekannt geworden.

Was die Löslichkeit des Marrubiins anbetrifft, so wurde ursprünglich angegeben, daß es sich in Wasser, auch in siedendem, nur sehr wenig löst, dagegen in Alkohol und Äther. Nach Gordin ist es außerdem in Azeton, Chloroform, Pyridin, warmem Phenol und Benzin löslich, wenn zum Teil auch nur wenig.

182. **Masopin** ist angeblich ein Bitterstoff aus dem Harz bzw. eingetrockneten Milchsaft einer noch nicht bestimmten mexikanischen Pflanze, den Genth (541) hergestellt hat. Hiernach wird das Harz mit Wasser ausgekocht und der Rückstand mit Alkohol digeriert. Nach dem Abdampfen oder Abdestillieren des Alkohols hinterbleibt ein Rückstand, der aus Äther umkristallisiert, farblose, feine Nadeln vom Schmelzpunkt 155° liefert. Beim Schmelzen bildet sich ein gelblicher, glasartiger Körper, der amorph bleibt und bei abermaligem Erwärmen bei 69—70° schmilzt. Masopin löst sich in Alkohol und Äther. Als Formel berechnete Genth

$$C_{22}H_{18}O\ (?).$$

183. **Mastix-Bitterstoff.** Den im Mastix, dem Harz von *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiacee) enthaltenen Bitterstoff konnten Tschirch und Reutter (542) nicht in reinem Zustande herstellen, obwohl er mit Wasserdämpfen flüchtig ist. Er gab die üblichen Reaktionen mit Eisenchlorid, Bleisubazetat und Tannin.

184. **Maticin** war ein extraktartiger Bitterstoff, den Hodges (543) in den Blättern von *Piper angustifolium* R. et P. (Piperacee) gefunden hat. Es ist nichts Näheres über ihn bekannt geworden, wenn er zuweilen auch noch in den Lehrbüchern Erwähnung findet, wie in Flückigers Pharmakognosie d. Pflanzenreiches (1891), 768 und Schmidts Lehrb. d. pharm. Chem. (1923), II, 2095. Er entbehrt jedenfalls jeglicher Bedeutung.

185. **Megarrhizitin.** In der Wurzel von *Megarrhiza californica* Torr. (Cucurbitacee) entdeckte Heany (544) neben dem Glukosid Megarrhizin einen Bitterstoff, den er »Megarrhizitin« nannte. Später fand Young (545) in derselben Wurzel ein saponinartiges Glukosid »Megarrhin«. Megarrhizitin ist eine harzartige kristallinische Substanz, die in Alkohol, Äther und Chloroform löslich, in Wasser so gut wie unlöslich ist.

186. **Melonenemetin.** In der Wurzel von *Cucumis melo* L. = *Melo sativus* Sag. (Cucurbitacee) findet man nach Tarosiewicz (546) einen Bitterstoff, der emetisch wirkt und deshalb den Namen »Melonenemetin« erhalten hat. Der Autor stellte ihn her, indem er die Wurzel mit Wasser auszog, das Extrakt eindampfte

und mit Alkohol aufnahm. Beim Verdampfen des Alkohols hinterblieb eine braune, glänzende, zerfließliche Masse, die in Wasser und Alkohol löslich, in Äther und fetten Ölen unlöslich war. Es handelte sich jedenfalls um einen unreinen Extraktivstoff.

187. Menyanthin. Über Versuche, den Bitterstoff aus dem Fieberklee, dem Kraut von *Menyanthes trifoliata* L. (Gentianacee) herzustellen, liegt ältere Literatur von Trommsdorff (547), Brandes (548), Ludwig und Kromayer (549), Kohlmann (550), Liebelt (551) und Kromayer (552) vor. Eingehend hat sich zuletzt Lendrich (553) mit dem Gegenstand befaßt. Ludwig und Kromayer haben die Formel $C_{22}H_{36}O_{11}$, Kromayer später $C_{30}H_{46}O_{14}$ und Lendrich $C_{33}H_{50}O_{14}$ aufgestellt. Nach Lendrich ist der Bitterstoff eine gelbe, terpentinartige Masse von neutraler Reaktion. Er löst sich leicht in heißem Wasser und in Alkohol, wenig in kaltem Wasser und in Äther. Mit den üblichen Alkaloidreagenzien lieferte er in Lösung Fällungen von verschiedener Färbung. Beim Destillieren des Menyanthins mit verdünnter Schwefelsäure bildet sich ein linksdrehender Zucker, und es destilliert eine aromatisch riechende Flüssigkeit mit dem Wasser über, die nach der Isolierung eine gelbliche, ölige Substanz von saurer Reaktion und ausgesprochenem Aldehydcharakter darstellt. Für diese, Menyanthol genannt, hat Kromayer die Formel C_8H_8O aufgestellt, Lendrich berechnete aber $C_7H_{11}O_2$.

188. Mesua-Bitterstoffe. Der Eisenholzbaum, *Mesua ferrea* L. (Guttifere), enthält in seinen Samen sowie in den geschlossenen Blüten bzw. in den Antheren Bitterstoffe. Aus den Samen gewinnt man nach Boorsma (554) ein goldgelbes Pulver, das an und für sich geschmacklos ist, dessen alkoholische Lösung aber stark bitter schmeckt. Es ist jedenfalls eine noch nicht vollkommen gereinigte Harzsäure, deren chemische Zusammensetzung noch nicht bekannt ist. Sie ist giftig. Aus der ätherischen Mutterlauge dieses Bitterstoffes läßt sich noch ein anderer Bitterstoff gewinnen, der ebenfalls nur in alkoholischer Lösung bitter schmeckt. Bei der Extraktion der Antheren mit Petroläther erhielt Boorsma an der Wandung des Soxhletschen Apparates eine zähe Masse, aus der sich ein Bitterstoff vom Schmelzpunkt 80—83° gewinnen ließ. Er war weniger giftig, als der aus den Samen. In den Äther ging ein Körper über, der nach der Reinigung einen firnisartigen Stoff darstellte. Er ließ sich zu einem weißen Pulver vom Schmelzp. von etwa 60° zerreiben. Er hatte Ähnlichkeit mit der aus den Samen gewonnenen Harzsäure. Nach der Extraktion mit Petroläther ergab die Behandlung mit Äther einen weiteren Bitterstoff, ein graues Pulver, das bei 75° zu erweichen begann und bei über 100° schmolz. Er war ebenfalls giftig.

189. Michelia-Bitterstoff. In der Stammrinde von *Michelia nilagirica* Zenk. (Magnoliacee), namentlich bei großen Bäumen, findet sich nach Hooper (555) ein Bitterstoff, der stickstoffrei ist. Näher untersucht ist er noch nicht.

190. Mimusops-Bitterstoff. In den Samen von *Mimusops coriacea* Miq. (Sapotacee) ist nach Peckolt (556) ein Bitterstoff enthalten (etwa 1,6 %), der nach der Tanninmethode gewonnen werden kann. Er ist ein weißgelbliches Pulver, das in Wasser und Alkohol löslich ist. Die Lösung bildet mit Jodjodkalium, Tannin und Mayers Reagens Niederschläge.

191. Mkomavin nennt Thoms (557) den Bitterstoff aus den Samen des Mkomavibaumes, *Carapa grandiflora* oder anderer Carapaarten (Meliacee). Zieht man die Samenkerne mit Chloroform aus, so erhält man nach dessen Verdampfen einen Rückstand, dem mittels Ligroin das Fett entzogen wird. Löst man den Rückstand wieder in Chloroform und gibt Benzin zu, so scheidet sich ein amorpher, weißer Niederschlag ab, der ein weißes Pulver liefert. Es schmilzt bei 110—111° und färbt sich mit Schwefelsäure blutrot. Kocht man es mit alkoholischer Salzsäure und gibt dann Wasser zu, so scheidet sich ein Körper vom Schmelzpunkt 97—98° aus, der ebenfalls bitter schmeckt. Ein Glukosid scheint im Mkomavin aber nicht vorzuliegen. Es ist stickstoffrei.

192. Momordicin, nicht zu verwechseln mit dem ebenso genannten Elaterin (siehe dieses), ist ein in den Blättern von *Momordica charantia* L. (Cucurbitacee) enthal-

tener Bitterstoff, über den Peckolt (558) berichtet. Es wurde aus den frischen Blättern nur in einer Menge von 0,008 % gewonnen. Der Bitterstoff bildet ein weißes, kristallinisches Pulver, das beim Erhitzen zu einer kristallinischen Masse schmilzt und sich bei weiterem Erhitzen vollständig verflüchtigt. Es ist in Alkohol, Methylalkohol, Amylalkohol, Chloroform und angesäuertem Wasser leicht, in Äther wenig löslich, in Wasser, Weingeist, Benzol und Petroläther unlöslich. In konz. Schwefelsäure löst es sich mit purpurroter Färbung, die später in Violettbräunlich übergeht. Die Lösung wird durch Platinchlorid, Goldchlorid, Palladiumchlorid und Mayers Reagens gefällt. Aus der Mutterlauge des Momordicins gewann Peckolt noch einen amorphen, weißen Körper von mild bitterem Geschmack.

193. **Montagnaea-Bitterstoff.** In einer Mitteilung über die Compositen *Montagnaea tomentosa* Lall. et Lex. und *Montagnaea floribunda* D. C. berichtet Maisch (559), daß von Altamirano aus diesen beiden Pflanzen ein Bitterstoff isoliert worden sei, ein gelbbrauner, amorpher Körper, der in Wasser und Alkohol löslich sei. Nähere Angaben liegen nicht vor.

194. **Moradin.** Aus der Rinde von *Pogonopus febrifugus* Benth. u. Hook. (Rubiacee-Cinchonoidee) isolierten Arata und Canzoneri (560) einen Bitterstoff, den sie »Moradin« nannten, weil die Rinde unter der Bezeichnung »Quina Morada« im Handel war. Sie fanden auch ein Alkaloid »Moradein«. Die Zusammensetzung des Bitterstoffes entspricht nach ihrer Berechnung der Formel $C_{21}H_{18}O_8$ oder $C_{16}H_{14}O_6$. Es kristallisiert in farblosen Nadeln oder Prismen, die bei 201—202° schmelzen. Über seine Konstitution können die Autoren nichts Näheres sagen, sie halten das Moradin aber für eine Säure, obwohl es ihnen nicht gelang, Salze damit herzustellen. Da es drei Hydroxylgruppen enthält, liegt der Gedanke nahe, daß es sich um einen phenolartigen Körper handelt. In der Tat liefert es bei der Oxydation mit Kaliumpermanganat in alkalischer Lösung Chinon und beim Behandeln mit 4%iger Salpetersäure Chinon und Hydrochinon.

Die wässrige Lösung des Moradins zeigt blaue Fluoreszenz, die durch Alkalien vermehrt und durch Säuren vermindert wird. Eisenchlorid bewirkt grüne Färbung und grünen Niederschlag, Goldchlorid blaue Färbung und grünen Niederschlag. In Schwefelsäure löst sich Moradin mit gelber Färbung. Wasser schlägt daraus den Bitterstoff wieder unverändert nieder. Es reduziert Fehlingsche Lösung, obwohl es kein Glukosid ist. Das nimmt nicht Wunder, wenn man weiß, daß Moradin leicht zu Hydrochinon oder Chinon oxydiert wird, und dieser Vorgang findet sehr wahrscheinlich auch in der alkalischen Kupferlösung statt. Dieser Fall zeigt deutlich, daß die Reduktion einer alkalischen Kupferlösung durch einen Bitterstoff für sich allein kein Beweis für dessen glukosidischen Charakter ist. Erst nach der Hydrolyse durch Säuren ist die Reduktion für die glukosidische Natur des untersuchten Körpers maßgebend. Gemäß der drei im Molekül vorhandenen Hydroxyle kann Moradin in Triacetylmoradin übergeführt werden, einen in Prismen kristallisierenden Körper vom Schmelzpunkt 177—178°.

195. **Moschatin** enthält das Kraut der *Achillea moschata* Jacq. (Composite) neben Ivain und Achillein. Es ist nach v. Planta-Reichenau (561) eine braunrote, amorphe, aromatisch bitter schmeckende Substanz von der Formel $C_{42}H_{54}O_{14}N$, ist somit stickstoffhaltig. Es löst sich schwer in kaltem, leichter in heißem Wasser, schwer in Alkohol. Nach einem Bericht von Gawalowski (562) dürfte Moschatin teilweise mit Wasserdämpfen überdestillieren. Man hat in ihm übrigens ein Alkaloid und ein Glukosid vermutet, bewiesen ist das anscheinend noch nicht.

196. **Mudarin.** Duncan (563) gewann aus der Rinde der *Calotropis gigantea* R. Br. = *Calotropis procera Mudarii* R. Br. (Asclepiadacee) einen Bitterstoff, den er Mudarin nannte. Er stellte zunächst ein alkoholisches Extrakt der Droge her und behandelte dieses mit Wasser. Beim Verdampfen des Wassers hinterblieb der Bitterstoff als hellbraune, amorphe, brüchige Masse, die sich in kaltem Wasser leicht löst. Diese Lösung trübt sich beim Erwärmen auf 23° und bildet bei 35° eine Gallerte. In Alkohol ist Mudarin gleichfalls löslich, nicht aber in Äther.

197. Myrciaria-Bitterstoffe. In den Samen von *Myrciaria cauliflora* Bg. (Myrtacee) findet sich nach Peckolt (564) ein amorpher, weißgelblicher Bitterstoff (etwa 0,25 %), der sich in Schwefelsäure mit roter Färbung löst. In Wasser löst er sich nur in Spuren, leichter in angesäuertem Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform. Seine Lösung wird durch Tannin nicht gefällt, hingegen durch Goldchlorid, Quecksilberchlorid, Jodjodkalium und Mayers Reagens.

Auch in den Samen von *Myrciaria plicata costata* Bg. (Myrtacee) ist nach Peckolt (565) ein amorpher Bitterstoff enthalten. Es ist ein mattgelbes Pulver von angenehm gewürzhaft, mild bitterem Geschmack, wenig löslich in kaltem, leicht in heißem Wasser. Alkohol. Äther und Chloroform. Es ist mit dem vorhergenannten Bitterstoff der *Myrciaria cauliflora* nicht identisch, denn seine Lösung wird durch Tannin gefällt.

198. Myriocarpin. Nachdem Bayley (566) auf die Verwendung der bitteren Früchte von *Cucumis myriocarpus* Naud. (Cucurbitacee) hingewiesen hatte, versuchte Atkinson (567) den Bitterstoff darzustellen. Nach seiner Angabe ist das wirksame Prinzip der Frucht der nicht glukosidische Bitterstoff Myriocarpin, der nach dem Bleioxydverfahren gewonnen werden kann. Er bildet eine harzartige, amorphe, gelbe Masse, die in Wasser und verdünntem Alkohol leicht, etwas weniger in absolutem Alkohol löslich ist. Auch in Äther, Chloroform und Petroläther ist er nur wenig löslich. Tannin gibt mit seiner Lösung eine Fällung, die üblichen Alkaloidreagenzien nicht. In Schwefelsäure löst sich Myriocarpin mit dunkelroter Färbung. Alkalien heben den bitteren Geschmack auf. Durch kochende verdünnte Salzsäure erleidet es eine Zersetzung, aber ohne Bildung von Glukose.

199. Myriogyne-Bitterstoff. Aus dem Kraut von *Myriogyne minuta* Less. = *Centipeda orbicularis* Lour. (Composite) isolierten Müller und Rummel (568) einen Bitterstoff, die sogen. »Myriogynesäure«, eine brüchige, gelbliche oder bräunliche Masse von saurer Reaktion und bitterem Geschmack. Sie löst sich wenig in kaltem, besser in heißem Wasser, leicht in Alkohol und Alkalien, weniger in Äther. In konz. Schwefelsäure löst sie sich mit brauner Färbung und wird aus dieser Lösung durch Wasser wieder gefällt, ob verändert oder unverändert, ist noch zweifelhaft. Dieselbe Säure findet sich auch in *Centipeda Cunninghamii* Br. et Asch. Über den Chemismus der Säure ist nichts Näheres bekannt, ebenso über das von Vasquez (569) genannte »Myriogyn«, den Bitterstoff der *Centipeda elatinoides* Benth. et Hook.

200. Myrrhen-Bitterstoff. Daß die Myrrhe bitter schmeckt, ist eine uralte Erfahrung. Sie stammt wahrscheinlich von verschiedenen *Commiphora*-Arten, wie *Commiphora myrrha* Engl., *C. abyssinica* Engl. und *C. Schimperi* Engl. (Burseraceen) ab. Bis jetzt liegt aber nur ein Versuch von Tschirch und Bergmann (570) vor, den Bitterstoff zu isolieren. Es gelang hiernach aber nicht, ihn in analysenreinem Zustande zu gewinnen.

201. Narcitin aus *Narcissus poeticus* L., *N. pseudonarcissus* L. und anderen Narzissen ist ein unbeachteter Körper geblieben, obwohl von Bastocki und Huchard (571) die emetische Wirkung dieser Pflanzen bestätigt worden ist. Nach dem ersten Hersteller des Narcitins, Jourdain (572), ist es ein amorpher, weißer, durchscheinender, an der Luft zerfließlicher Körper, der in Wasser und Alkohol leicht löslich ist. Ob es ein Alkaloid ist, wie man zuweilen in der Literatur angegeben findet, ist sehr fraglich, denn Gerrard (573), der sich später mit den Bestandteilen der Narzisse befaßte, fand in *Narcissus pseudonarcissus* zwei wirksame Stoffe, von deren einem er vermutete, daß es ein Alkaloid sei. Ein reiner Körper kann übrigens das Narcitin-Jourdain kaum gewesen sein, da er aus den Zwiebeln 37 % und aus den Blütenblättern 25 % gewonnen haben will.

202. Narthecin ist ein nach dem Bleisubazetatverfahren von Walz (574) aus *Narthecium ossifragum* L. = *Anthericum ossifragum* L. (Liliacee) hergestellter Bitterstoff. Es bildet weiße, warzenförmige Kristalle. In Wasser löst es sich mit saurer Reaktion. Auch in Alkohol und Alkalien löst es sich und wird aus der alkalischen Lösung durch Säuren wieder ausgefällt. Neben Narthecin fand der Autor auch eine Säure, die Narthecinsäure, in weißen Nadeln.

203. Nectandra-Bitterstoff. Die Rinde von *Nectandra amara* Meißn. (Laurinee) enthält nach Peckolt (575) einen amorphen und einen kristallinischen Bitterstoff, die sich Alkaloidreagenzien gegenüber gleich verhalten. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um Alkaloide.

204. Nepeta-Bitterstoff aus dem Kraut von *Nepeta cataria* L. (Labiate) ist nach Myers und Hillespin (576) eine bitterschmeckende Pflanzensäure nicht glukosidischer Natur. Er löst sich in Alkohol und Äther. Sein Chemismus ist noch nicht erforscht.

205. Nessin ist nach Maisch (577) der von Alas aus den Blättern von *Heimia syphilitica* D. C. und *Heimia salicifolia* L. = *Nesaea syphilitica* Steud. und *Nesaea salicifolia* H. et B. (Myrtiflorae-Lythracee) isolierte Bitterstoff. In der Literatur ist er nicht näher beschrieben. Er wurde gegen Malaria verwendet.

206. Nicotianin wurde im Jahre 1823 von Hermbstädt (578) erstmalig hergestellt und für einen Bitterstoff des Tabaks gehalten. Er wurde auch Tabakskampfer genannt, ist aber ein fragwürdiger Stoff geblieben. Landerer (579) erhielt ihn nur aus den getrockneten Blättern. Reimann und Posselt (580) erhielten ihn bei der Destillation von getrockneten Tabaksblättern mit Wasser im Destillat als weiße Kristallblättchen von feinem tabakähnlichem Geruch und gewürzhaft bitterem Geschmack. Er löst sich nur wenig in Wasser mit neutraler Reaktion, leicht in Alkohol und Äther und verdunstet bei gewöhnlicher Temperatur vollkommen. Nach Barral (581) liefert er bei der Destillation mit Kalilauge Nikotin. Daraus und aus der Barralschen Formel $C_{23}H_{32}N_2O_3$ läßt sich mit einer gewissen Berechtigung der Schluß ziehen, daß es sich um ein Salz des Nikotins mit einer flüchtigen Säure gehandelt habe. In der Tat hat Gawalowski (582) auf Grund seiner Untersuchung die Behauptung aufgestellt, daß Nicotianin nichts anderes sei, als ein höchst kompliziertes Gemisch von apfelsaurem, kampfersaurem, oxykampfersaurem und pyridinkarbonsaurem Nikotin.

207. Nicoulin ist ein von Geoffroy (583) in den Sprößlingen von *Robinia Nicou* Aubl. = *Lonchocarpus rufescens* Benth. (Leguminose) gefundener Körper von der empirischen Formel C_3H_4O. Er bildet farblose Kristalle, die in Wasser sehr wenig, in Alkohol leicht löslich sind und bei 162° schmelzen. Nicoulin ist weder ein Alkaloid noch ein Glukosid. Es löst sich in Alkalien und wird aus dieser Lösung durch Säuren wieder gefällt. Es löst sich ferner sehr leicht in Benzol und Chloroform. In Schwefelsäure löst es sich mit roter Färbung. Es ist toxisch und wirkt lähmend auf Rückenmark und Atmungszentrum.

208. Nigellin nennt Reinsch (584) einen Bitterstoff, den er aus den Samen von *Nigella sativa* L. (Ranunculacee) hergestellt hat. Im gereinigten Zustande war es eine nicht kristallinische, gelbliche, anhaltend bitter schmeckende, terpentinartige Masse, die in Wasser und Alkohol löslich war und saure Reaktion aufwies. Die Lösung 1:1000 zeigte nach Zusatz von Ammoniak oder Alkalien grüne Fluoreszenz. Pellacani (585) will aus dem Schwarzkümmel ein Alkaloid isoliert haben, das er ebenfalls »Nigellin« nannte. Damit kann das Nigellin von Reinsch nicht identisch gewesen sein, eher mit dem von Greenish (586) gefundenen sauren Saponin, das den Namen »Melanthin« erhalten hat. Die Angaben Pellacanis beziehen sich nach Kobert (587) auf *Nigella damascena L.*, in dessen Samen von Schneider das Alkaloid »Damascenin« gefunden wurde.

209. Njallin ist nach Spiegel (588) der Bitterstoff der Njallabohnen, deren botanische Abstammung unbekannt ist. Er bildet ein weißes, schwach gelbstichiges Pulver, das sich in heißem Wasser leicht löst und beim Erkalten der Lösung ölig abgeschieden wird. Es löst sich ferner in Alkohol, Eisessig und Essigäther, spurenweise in Chloroform, aber nicht in Benzol. Die Lösung in Natriumkarbonatlösung färbt sich an der Luft rasch rötlich und verliert damit ihre physiologische Wirksamkeit. Njallin hat die Formel $C_{44}H_{42}O_{19}$ oder $C_{51}H_{48}O_{22}$ oder $C_{51}H_{46}O_{22}$.

210. Odollin. In den Samen von *Cerbera Odollam* Gärtn. (Apocynacee) findet sich neben dem toxischen, glukosidischen Bitterstoff Cerberin noch ein zweiter ebenfalls giftiger Bitterstoff, das Odollin. Es unterscheidet sich vom Cerberin zunächst durch seine Löslichkeit in Wasser und seine Unlöslichkeit in Chloroform. Es ist

eine amorphe Masse, die in Alkohol und Amylalkohol löslich ist. Die wässrige Lösung wird durch Bleisubazetat nicht gefällt und beim Kochen mit Salzsäure harzig zersetzt. In wässriger und alkoholischer Lösung wird Odollin durch Tierkohle adsorbiert. Mit Schwefelsäure bildet es eine violette Lösung. Greshoff (589) hat hierüber näher berichtet.

211. **Önanthotoxin** wurde von Pohl (590) aus der Wurzel von *Oenanthe crocata* L. (Umbellifere) als amorphe, dunkelbraune, harzähnliche Masse gewonnen, die trotz ihres wenigversprechenden Aussehens vom Autor als eine einheitliche Substanz angesprochen wurde. Es löst sich in Methyl-, Äthyl- und Amylalkohol, Äther, Azeton, Chloroform, Eisessig, Essigsäureanhydrid, Essigäther, Benzol, Phenol, Pyridin, ist hingegen unlöslich in Wasser, verdünnten kalten Alkalien und Säuren sowie in Petroläther. Beim Kochen mit alkoholischer Kalilauge wird es in eine Harzsäure übergeführt. Als Formel berechnete Pohl für das Önanthotoxin $C_{17}H_{22}O_5$ oder $C_{33}H_{42}O_{10}$.

212. **Olibanum**-Bitterstoff haben Tschirch und Halbey (591) aus dem Harz von *Boswellia Carterii* Birdw. (Burseracee), dem bekannten Weihrauch, herzustellen versucht. Er konnte nicht kristallinisch erhalten werden. Glukosidischer Natur war er nicht.

213. **Olivamarin.** Den von Ferat, Pelletier und Pallas (592) erwähnten Bitterstoff aus den Blättern von *Olea europaea* L. (Oleacee) versuchte Landerer (593) herzustellen. Er erhielt den »Olivamarin« genannten Körper in kleinen zerfließlichen Nadeln von sehr bitterem Geschmack. Der Bitterstoff war in Wasser unlöslich, löslich in Alkohol und verdünnten Säuren. Später stellte Landerer (594) auch aus unreifen Früchten des Ölbaumes einen Bitterstoff her. Er war aus Alkohol nur schwierig in Kristallen zu erhalten. Ob er mit dem aus den Blättern gewonnenen Bitterstoff identisch ist, bleibt dahingestellt. Da er aus saurer wässriger Lösung durch Ammoniak fällbar war, liegt der Gedanke nahe, daß es sich um ein Alkaloid gehandelt hat. Weitere Untersuchungen liegen nicht vor.

214. **Olivil.** Bei der Untersuchung des Gummiharzes von *Olea europaea* L. (Oleacee) entdeckte Pelletier (595) im Jahre 1816 einen Körper von bittersüßem Geschmack, den er Olivil nannte. Nach seiner Angabe und der Nachuntersuchung von Sobrero (596), Körner und Vanzetti (597) sowie von Amato (598) bildet es farblose Kristalle, die wasserfrei bei 142,5° und mit 1 H_2O bei 118 bis 120° schmelzen. Es hat die Formel $C_{14}H_{18}O_5 + H_2O$ (Sobrero) oder $C_{24}H_{24}O_7$ (Körner). Die Konstitution des Olivils ist noch nicht genauer erforscht, es scheint aber mit dem Coniferylalkohol, $C_{10}H_{12}O_3$, in Beziehung zu stehen. Es löst sich in heißem Wasser, Alkohol und Eisessig sowie in fetten Ölen. In Salpetersäure löst es sich mit roter Färbung, in konzentrierter Schwefelsäure verkohlt es. Durch Bleiazetat wird es aus seinen Lösungen gefällt.

215. **Opheliasäure.** Im Kraut von *Swertia chirata* Buch. Ham. = *Ophelia chirata* Griseb. (Gentianacee) haben Flückiger und Höhn (599) neben dem Chiratin auch eine bitterschmeckende Säure, die Opheliasäure, nachgewiesen. Diese Säure ist ein Spaltprodukt des Chiratins, das beim Kochen mit Salzsäure in Chiratogenin, Gerbsäure und Opheliasäure, $C_{26}H_{40}O_{20}$, zerfällt. Sie ist eine amorphe, gelbe Substanz, sirupartig wie etwa Milchsäure, löst sich leicht in Wasser, Alkohol und Äther-Alkohol, reduziert alkalische Kupferlösung und ammoniakalische Silbernitratlösung und gibt mit Bleisubazetat eine gelbe Fällung.

216. **Ophioxylin** ist nach Wefers Bettink (600) in der Wurzel von *Ophioxylon serpentinum* Willd. (Apocynacee) zu finden. Es bildet rotgelbe, gegen 72° schmelzende Kristalle, die in kaltem Wasser sehr schwer, in heißem etwas besser löslich sind. Es löst sich ferner in Alkohol, Äther, Chloroform, Petroläther, Benzol, Eisessig und Essigäther. Seine Formel lautet $C_{16}H_{13}O_6$ oder $C_{48}H_{39}O_{18}$. Nach Wefers Bettink hat das Ophioxylin Ähnlichkeit mit dem Juglon, das aber bei 151—154° schmilzt. Greshoff (601) gibt an, daß Ophioxylin mit Plumbagin (siehe dieses) identisch sei.

217. **Opopanax**-Bitterstoff wurde von Baur (602) aus dem Opopanaxharz, dem Harz der Umbellifere *Opopanax chironium* Koch = *Laserpitium chironium* L.

gewonnen, indem die wässrige Auskochung der Droge mit Bleisubazetat gefällt und der Bitterstoff aus dem Niederschlag isoliert wurde. Er konnte aber weder kristallinisch noch amorph in reinem Zustande hergestellt werden. Die gelbe wässrige Lösung färbte sich mit Eisenchlorid dunkler. Auch der Versuch, den Bitterstoff mittels des Kohleadsorptionsverfahrens rein und kristallinisch zu erhalten, führte nach Tschirch und Knitl (603) nicht zum gewünschten Resultat.

218. **Oreodaphne-Bitterstoff.** Aus dem Holz von *Oreodaphne rigida* Meissn. (Lauracee) läßt sich nach Peckolt (604) ein amorpher Bitterstoff gewinnen, eine gelbliche Substanz, die in Wasser, Alkohol und Alkohol-Äther mit neutraler Reaktion löslich ist. Die Lösung wird durch Tannin, Goldchlorid und Quecksilberchlorid gefällt, nicht aber durch Bleisalze.

219. **Oroxylin.** In der Rinde von *Oroxylum indicum* Ven. = *Calosanthes indica* Mart. (Bignoniacee) fanden Naylor und Chaplin (605) den Bitterstoff Oroxylin, der vermutlich schon von Holmes (606) in der Droge beobachtet worden ist. Oroxylin bildet lange, zitronengelbe Kristalle vom Schmelzpunkt 228,5—229 °, die in Alkohol, Äther, Eisessig und heißem Benzol leicht löslich sind. Mit Kalilauge oder Ammoniakflüssigkeit werden die Kristalle kirschrot gefärbt. Diese Färbung geht allmählich in Ziegelrot und dann in Olivgrün über. Alkoholische Silbernitratlösung bewirkt eine schwarze, Bleiazetat eine hellrote, Kalkwasser orangegelbe und Kupfersulfat goldgelbe Färbung bzw. Fällung. Mit Schwefelsäure angesäuerte Kaliumpermanganatlösung wird sofort entfärbt. Fehlingsche Lösung wird nicht reduziert. Die Formel des Oroxylins lautet $C_{19}H_{14}O_6$.

220. **Osthin** nennt Merck (607) einen Bitterstoff (mehr aromatisch als bitter schmeckend), der aus den Rhizomen von *Imperatoria ostruthium* L. (Umbellifere) gewonnen wird, indem das alkoholische Extrakt nach Zusatz von verdünnter Natronlauge mit Äther ausgeschüttelt wird. Beim Ansäuern scheidet sich neben Imperatorin das Osthin ab. Es kristallisiert aus Alkohol in langen, feinen, verfilzten, schwach gelblichen Nadeln, die nach vorherigem Erweichen bei 199—200 ° schmelzen. Es ist optisch inaktiv. Osthin löst sich leicht in Äther, heißem Ammoniak und Alkalien (mit gelber Farbe), schwer in 80%igem Alkohol, gar nicht in Wasser und Petroläther.

221. **Osthol,** neben anderen Stoffen in den Rhizomen von *Imperatoria ostruthium* L. = *Peucedanum ostruthium* Koch. (Umbellifere) enthalten, bildet nach Herzog und Krohn (608) weiße, lange, dem Phthalsäureanhydrid ähnliche Kristalle vom Schmelzpunkt 83—84 °. Seine Formel lautet $C_{14}H_{13}O_2OCH_3$. Es löst sich leicht in heißem Alkohol und in siedendem Petroläther. Obwohl stickstoffrei, bildet es, wie Ostruthin und Oxypeucedanin mit Salzsäure eine Verbindung, welche die Formel $C_{15}H_{17}O_3Cl$ aufweist. Das an und für sich neutral reagierende Osthol löst sich in Natronlauge mit gelber Färbung, und wird aus dieser Lösung durch Säuren, auch durch Kohlensäure, wieder abgeschieden. Die genannten Autoren sehen das Osthol als ein Lakton an.

222. **Ostruthol** wurde von Herzog und Krohn (609) in der Mutterlauge des Oxypeucedanins (siehe dieses) gefunden. Es bildet feine, weiße, seidenglänzende Nadeln vom Schmelzpunkt 134—134,5 °. Es löst sich nur schwer in siedendem Äther und Wasser, viel leichter in heißem Benzol, Toluol und Alkohol. Es zeigt Laktoncharakter und besitzt die Formel $C_{24}H_{24}O_8$. Dementsprechend löst es sich in Natronlauge mit gelblicher Färbung und wird aus dieser Lösung durch Säuren wieder abgeschieden, wie das auch bei Osthol und Oxypeucedanin beobachtet worden ist.

223. **Ottonia-Bitterstoff.** Aus der Wurzel von *Ottonia anisum* Spr. = *Piper jaborandi* Vell. (Piperacee) gewann Peckolt (610) einen Bitterstoff als gelbbräunliche, zu Pulver zerreibliche Masse, die in Wasser, Alkohol und Äther löslich war und durch Tannin gefällt wurde.

224. **Oxycoccin** nennt Claassen (611) einen aus der amerikanischen Preißelbeere, *Vaccinium macrocarpum* Ait. (Ericacee) gewonnenen Bitterstoff, der mit dem Glukosid »Arbutin« Ähnlichkeit besitzt. Es wurde bisher nicht entschieden, ob es sich um Arbutin selbst oder um ein Derivat des Arbutins gehandelt hat.

225. **Oxypeucedanin** ist in den Rhizomen von *Peucedanum ostruthium* Koch und von *Peucedanum officinale* L. (Umbelliferen) enthalten. Es wurde von Erdmann (612) entdeckt, von Bothe (613) bestätigt, von Hlasiwetz und Weidel (614) als einheitlicher Körper angezweifelt, von Schmidt (615) aber als solcher anerkannt und außerdem noch von Heut (616) und namentlich von Herzog und Krohn (617) beschrieben. Letztgenannte Forscher stellten auch endgültig die Formel $C_{13}H_{12}O_4$ fest. Oxypeucedanin bildet mit Salzsäure und Bromwasserstoffsäure ein Additionsprodukt, wie das auch bei Osthol und Ostruthin beobachtet wurde. Wie Osthol und Ostruthol ist es ferner ein Lakton. Es löst sich in Natronlauge und wird daraus durch Säuren wieder abgeschieden. Es löst sich nur sehr wenig in siedendem Äther, leichter in siedendem Alkohol und Benzol sowie in heißem Azeton und Chloroform. Der Schmelzpunkt wird zu 140 oder 142° angegeben, das aus Chloroform in rein weißen Kristallen erhaltene Oxypeucedanin schmilzt aber bei 142—142,5°. Es ist optisch inaktiv.

226. **Pachyrhizid** aus den Samen von *Pachyrhizus angulatus* Rich. (Leguminose) haben Greshoff (618) und van Sillevoldt (619) beschrieben. Es ist eine amorphe, hell gelbgrüne Substanz, die sich in der Löslichkeit wie Derrid (siehe dieses) verhält. Seine Formel ist

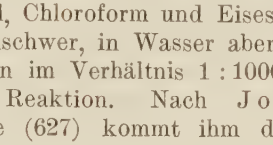
$$C_{30}H_{18}O_8(OCH_3)_2.$$

227. **Panaquilon,** der Bitterstoff aus der amerikanischen Ginsengwurzel, der Wurzel von *Panax quinquefolius* L. (Araliacee), wurde von Garrigues (620) aufgefunden und als amorphes, bitteres, gelbes Pulver beschrieben. Es löst sich nach seinen Angaben in Wasser und Alkohol, nicht aber in Äther. Die wässrige Lösung wird durch Tannin gefällt und durch Alkalien braun gefärbt. In Schwefelsäure löst sich Panaquilon (Panakilon) mit purpurroter Farbe. Es zersetzt sich hierbei und liefert Panacon, das sich beim Verdünnen mit Wasser als weißer, geschmackloser Körper abscheidet. Als Formel berechnete Garrigues $C_{24}H_{50}O_{18}$. Aus *Panax ginseng* Meyer, das wohl mit *Panax quinquefolius* identisch ist, gewann Davydow (621) ebenfalls Panaquilon, das dieselben Eigenschaften aufwies, wie das von Garrigues. Nach Fujitani (622) hat das Panaquilon glukosidischen Charakter. Asahina und Taguchi (623) isolierten aus dem Ginseng einen saponinartigen Körper, der aber nach ihrer Meinung mit Panaquilon nicht identisch ist. Ein Glukosid ist Panaquilon nicht, wenn es auch alkalische Kupferlösung und ammoniakalische Silberlösung reduziert. Da es sauer reagiert, glaubt Davydow an eine organische Säure, es wäre aber ebenso gut denkbar, daß es ein phenolartiger Körper ist.

228. **Pannol** (Pannasäure). Im Rhizom von *Aspidium athamanticum* Kze. = *Nephrodium athamanticum* Hook. (Polypodiacee) findet sich nach Kürsten (624) ein dem Filicin ähnlicher Körper, für den er die Formel $C_{11}H_{14}O_4$ oder $C_{10}H_{11}O_3OCH_3$ aufstellte. Es waren lichtgelbe Kristalle von schwach saurer Reaktion, die bei 187 bis 192° schmolzen und in kaltem Wasser unlöslich waren. In heißem Wasser lösten sie sich leichter, ebenso in Alkohol, Äther, heißem Eisessig und Alkalien. Aus der alkalischen Lösung wurde die Säure (Pannasäure) durch Säuren als ein amorphes, weißes Pulver gefällt, das bei der Behandlung mit Äther wieder in die kristallinische Form überging. Boehm (625) fand, daß diese Pannasäure physiologisch unwirksam war, daß dem Rhizom aber noch eine zweite Pannasäure entzogen werden konnte, die physiologisch aktiv war. Diese bildet farblose Kristalle vom Schmelzpunkt 136—137°, löst sich leicht in Äther, schwer in Alkohol und gar nicht in Wasser. Die chemische Zusammensetzung bzw. Formel dieser Säure scheint mit der der inaktiven Säure übereinzustimmen. Die vermutlich isomeren Pannasäuren lassen sich auch durch eine chemische Reaktion voneinander unterscheiden: die Pannasäure-Kürsten wird in alkoholischer Lösung durch Eisenchlorid grün, die Pannasäure-Boehm rotbraun gefärbt. Pannasäure ist nicht zu verwechseln mit der Pannarsäure von Hesse (626).

229. **Para-Cotoin** wird aus der bolivianischen Paracotorinde gewonnen, in ähnlicher Weise wie das Cotoin (siehe dieses). Die Abstammung der Droge ist noch nicht genau festgestellt worden. Es bildet gelb-

liche, seidenglänzende Nadeln oder Blättchen vom Schmelzpunkt 149—151°. Bei höherer Temperatur sublimiert es. In Alkohol, Chloroform und Eisessig löst es sich unschwer, in Wasser aber nur beim Erhitzen im Verhältnis 1 : 1000 mit neutraler Reaktion. Nach Jobst und Hesse (627) kommt ihm die Formel $C_{19}H_{12}O_6$ zu, nach Ciamician und Silber (628) die Konstitution:



In konz. Schwefelsäure löst sich Paracotoin mit dunkelgelber, beim Erwärmen mit braungelber Färbung. In konz. Salpetersäure löst es sich gelb, dann grün. Zur Unterscheidung von Cotoin löst man Paracotoin in Alkohol und gibt Brombromkaliumlösung zu. Es entsteht ein roter Niederschlag (Cotoin liefert einen gelbweißen Niederschlag). Paracotoin wird durch Bleisubazetat nicht gefällt, wohl aber Cotoin.

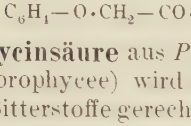
230. **Parthenin** wurde ursprünglich ein Alkaloid genannt, das nach Tovar (629) aus dem Kraut von *Parthenium hysterophorus* L. (Composite) hergestellt und in schwarzen (?) Schuppen in den Handel gebracht wurde. Die Droge soll aber auch noch andere mit Säuren sich verbindende Stoffe enthalten. Auch Ulrici (630) hat in der Pflanze ein Alkaloid gefunden, das er »Parthenicin« nannte. Allein bei der genauen Untersuchung fand Arny (631) überhaupt kein Alkaloid in der Pflanze, sondern einen bitteren nicht glukosidischen Stoff. Er stellte eine gelbe, amorphe Masse dar, nach entsprechender Reinigung aber farblose Kristalle vom Schmelzpunkt 168—169°. Der Bitterstoff löste sich wenig in Wasser, besser in Alkohol, Äther, Chloroform und Essigäther, sowie in Schwefelsäure ohne Färbung, die auf Zusatz von Kaliumdichromat in Grün überging (eine Färbung, die sehr wahrscheinlich auf Reduktion der Chromsäure beruht). Durch verdünnte Säuren konnte dieses Parthenin nicht gespalten werden, war also nicht, wie anfangs vermutet, ein Glukosid. Vermutlich handelt es sich um einen phenolartigen Körper.

231. **Parthenium-Bitterstoff.** Bei der Untersuchung der Schößlinge und Wurzeln des *Parthenium integrifolium* L. (Composite) fand Meyer (632) einen kristallinischen Bitterstoff, der nicht näher beschrieben wurde. Möglicherweise ist er mit Parthenin identisch. Er wird als wasser- und ätherlöslich beschrieben und soll mit Eisenchlorid eine tiefrote Färbung verursachen. Fehlingsche Lösung reduziert er nicht.

232. **Perianthopodin** ist ein kristallinischer Bitterstoff, der in den Wurzeln von *Perianthopodus Espelina* Manso (Cucurbitacee) zu 0,086 % neben dem amorphen Bitterstoff Espelin (siehe dieses) vorhanden ist. Nach Peckolt (633) bildet es aus Chloroform und Äther feine farblose Nadeln, aus Chloroform kleine Schüppchen. Es hat einen lange anhaltenden bitteren Geschmack. Beim Erhitzen schmilzt es und bildet dann beim Erkalten eine strahlig erstarrende Masse. Bei weiterem Erhitzen ist es vollständig flüchtig. In Wasser, Ammoniak, Benzol und Petroläther ist es unlöslich, löslich in Alkohol, Äther, Essigäther, Chloroform und angesäuertem Wasser, aus welch letzterem es durch Ammoniak wieder als kristallinisches Pulver gefällt wird. Mit Tannin wird es nicht gefällt.

233. **Peucedanin** wurde nach seiner Herstellung aus den Rhizomen von *Peucedanum officinale* L. (Umbellifere) durch Schlatter (634) anfangs mit dem aus *Peucedanum ostruthium* Koch zwei Jahre vorher von Wackenroder und Osan (635) gewonnenen Imperatorin (siehe dieses), namentlich von Wagner (636) identifiziert, bis durch die Untersuchungen von Hlasiwetz und Weidel (637), Popper (638), Herzog und Krohn (639) die Identität der beiden Körper in Abrede gestellt wurde. Die Wurzel bzw. das Rhizom von *Peucedanum officinale* enthält hiernach 2 % Peucedanin und die Wurzel von *Peucedanum ostruthium* 0,5% Imperatorin. Peucedanin bildet gelbliche Kristalle vom Schmelzpunkt 95 bis 99°. In Wasser ist es so gut wie unlöslich, löslich hingegen in Alkohol, Äther, Petroläther und Alkalien. Schlatter gab ihm die Formel $C_{15}H_{14}O_4$, Heut (640) $C_{12}H_{12}O_3$, Botte und Wagner (641) $C_{24}H_{12}O_6$, Popper $C_{16}H_{16}O_4$ und Schmidt (642) $C_{14}H_{11}O_3OCH_3$. Die

Konstitution entspricht nach Hlasiwetz und Weidel der Formel



234. Phycinsäure aus *Protococcus vulgaris* (Chlorophycee) wird zuweilen noch unter die Bitterstoffe gerechnet, obwohl sie in reinem Zustande keinen bitteren Geschmack aufweist. Sie wurde von Lamy (643) in neutral reagierenden, bei 136° schmelzenden, weißen Nadeln gewonnen. Sie löst sich in Alkohol, Äther und fetten Ölen, nicht in Wasser. Mit den Alkalien bildet sie kristallinische Salze. Phycinsäure enthält angeblich etwas Stickstoff.

235. Phyllanthin ist der Bitterstoff aus den Blättern von *Phyllanthus niruri* L. (Euphorbiacee). Es bildet farblose Kristalle (Nadeln oder Blättchen), die anhaltend bitter schmecken und zwischen 85 und 100° schmelzen. Bei etwa 190—210° sublimiert das Phyllanthin nach Ottow (644), wobei es sich erst in Form von Tropfen kondensiert, die nach einiger Zeit kristallinisch erstarren. Es löst sich sehr wenig in Wasser (1:7000), die Lösung 1 : 500 000 ist aber noch von bitterem Geschmack. In Alkohol, Äther, Azeton, Chloroform, Eisessig und Benzol ist es reichlich löslich, weniger in Glyzerin und fetten Ölen. In Schwefelsäure löst es sich mit gelber Farbe, die allmählich in Kirschrot übergeht. Als Formel berechnete der Autor $C_{30}H_{37}O_8$. Phyllanthin ist nicht glukosidischer Natur. In der wässrigen Lösung verursacht Bleiazetat keine Fällung, Bleisubazetat nur eine Opaleszenz. Der Bitterstoff wirkt toxisch. Peckolt (645) isolierte aus derselben Droge, d. h. aus den frischen Blättern, einen amorphen Bitterstoff, eine zu einem weißen Pulver zerreibliche Masse, die in Alkohol, Methylalkohol, Äther, Chloroform, Essigäther und angesäuertem Wasser löslich ist und aus dieser Lösung durch Ammoniak wieder gefällt wird. Mit Tannin wird es nicht gefällt, wohl aber durch Goldchlorid, Jodjodkalium, Pikrinsäure und Mayers Reagens.

236. Phyllocalyx-Bitterstoff. Aus den Blättern von *Phyllocalyx tomentosus* Bg. (Myrtacee) erhielt Peckolt (646) 0,5 % einer bitteren, zu einem weißgelblichen Pulver zerreibbaren Masse, die in Alkohol, Äther, Chloroform und Wasser löslich war. Die Reaktion der Lösung war neutral. Tannin fällte sie nicht, wohl aber Goldchlorid, Platinchlorid, Quecksilberchlorid und Wismut-Kaliumjodid.

237. Physalin. In den Blättern von *Physalis alkekengi* L. (Solanacee) findet sich nach Dessaignes und Chautard (647) ein Bitterstoff, der erhalten wird, wenn man den wässrigen Auszug der Droge mit Chloroform ausschüttelt, das Chloroform abdestilliert und den Rückstand aus Alkohol unter Zuhilfenahme von Tierkohle umarbeitet. Er bildet ein weißes bis schwach gelbliches, amorphes Pulver, das bei 180° erweicht, bei 190° zähflüssig wird und bei höherer Temperatur zerstört wird. In Wasser ist Physalin wenig, mehr in Alkohol, Äther und Chloroform löslich. Auch in schwacher Ammoniakflüssigkeit ist es unverändert löslich. Aus der alkoholischen Lösung fällt ammoniakalisches Bleiazetat die Bleiverbindung $C_{28}H_{30}O_9 \cdot 3\,PbO$ des Physalins, aus der sich für den Bitterstoff die Formel $C_{28}H_{32}O_{10}$ berechnen läßt.

238. Physodin hat Gerding (648) aus *Parmelia physodes* Ach. (Parmeliacee) durch Extraktion mit Äther in farblosen, mikroskopisch kleinen, nadelförmigen Kristallen erhalten. Es hat die Formel $C_{20}H_{44}O_{15}$ und schmilzt bei 125°. Es löst sich in heißem Alkohol, in Äther ist es unlöslich. Löst man es in konz. Schwefelsäure, so erhält man zunächst eine violette Färbung, die allmählich in Rosarot übergeht. In Alkalien löst es sich mit gelber Färbung, die langsam dunkler wird.

239. Phytolaccatoxin wird aus der Wurzel von *Phytolacca acinosa* Roxb. (Phytolaccacee) gewonnen. Nach Nagai (649) ist es ein kaum gelbliches Pulver von neutraler Reaktion, das keinen glukosidischen Charakter besitzt. Es löst sich leicht in Alkohol, Äther, weniger in Eisessig, Benzol und Schwefelkohlenstoff. Seine Formel lautet $C_{24}H_{36}O_8$. Nach Kashimura (650) ist es ein harzartiger Körper mit der Formel $C_{24}H_{38}O_8$ (?), das dem Pikrotoxin und Cicutoxin physiologisch nahe steht.

240. Picrasma-Bitterstoff. Über einen Bitterstoff aus der Rinde von *Picrasma ailanthoides* Planch. (Simarubacee) berichten Shimojama und Hirano (651). Sie

erhielten aus 2 kg Rinde 0,24 g des Bitterstoffes, Kristalle, die bei 205° schmolzen und in ihrem Charakter mit Quassin übereinstimmten.

241. **Pikrasmin.** Aus dem Holze von *Picraena excelsa* Lindl. = *Picrasma excelsa* Planch. (Simarubacee) isolierte Massute (652) einen Bitterstoff, der bei 206—208° schmolz und ein Gemisch von zwei Pikrasminen darstellte, von denen das eine bei 204°, das andere bei 209—212° schmolz. Dieselben Körper erhielt der Autor aus Handelspikrasmin. Das bei 204° schmelzende Pikrasmin bildet farblose Nadeln von der Formel $C_{35}H_{46}O_{10}$, das bei 209—212° schmelzende Präparat reguläre dreiseitige Prismen von der Formel $C_{36}H_{48}O_{10}$. Es sind demnach sehr wahrscheinlich homologe Körper. Massute glaubt, daß man es bei den Bitterstoffen der *Quassia amara* und *Picraena excelsa* mit Homologen zu tun hat, wobei die Quassine und Picrasmine gesonderten Reihen angehören können.

242. **Pikroballota** nennen Brera und Jori (653) den Bitterstoff der *Ballota lanata* L. = *Leonurus lanatus* Spr. (Labiate). So viel aus den literarischen Mitteilungen zu ersehen ist, handelt es sich nur um ein alkoholisches Extrakt der Pflanze. Jori spricht allerdings von einer bitteren aromatischen harzigen Substanz.

243. **Pikroglobularin** wurde von Tiemann (654) aus den Blättern von *Globularia alypum* L. (Globulariacee) bzw. aus deren ätherischem Extrakt erhalten. Der Bitterstoff ist ein amorphes, gelblichweißes Pulver, das bei 60° erweicht und bei etwa 100° geschmolzen ist, wobei es sich unter Gasbildung zersetzt. Er löst sich in Alkohol, Chloroform, Azeton, Eisessig und Essigäther leicht, weniger in Äther und Benzol, sehr wenig in Wasser. Seine Zusammensetzung entspricht der Formel $C_{24}H_{30}O_7$. Pikroglobularin ist kein Glukosid und gegen chemische Agenzien sehr wenig reaktionsfähig. Bei der Oxydation mit Kaliumpermanganat liefert es Oxalsäure. Bei längerer Behandlung mit Zinkstaub und Natronlauge bleibt es unverändert.

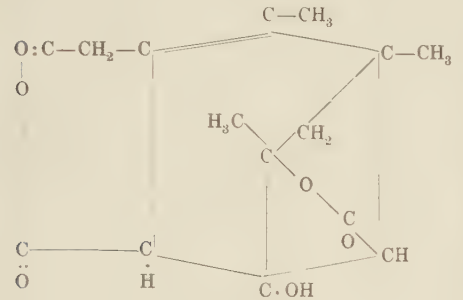
244. **Pikrolichenin** wurde von Alms (655) aus *Variolaria amara* Ach. (Pyrolichenes) hergestellt. Der Bitterstoff kristallisierte aus dem alkoholischen Extrakt und bildet nach dem Umkristallisieren aus Alkohol farblose Rhombenoktaeder von sehr bitterem Geschmack. Er schmilzt bei 111° und besitzt nach Vogel und Wuth (656) die Formel $C_{12}H_{20}O_6$. In Wasser ist er sehr wenig, reichlich hingegen in Alkohol, Äther, Eisessig, ätherischen Ölen und kaustischen Alkalien löslich. Die wässrige Lösung reagiert sauer. Die alkalische Lösung färbt sich an der Luft rot und scheidet auf Säurezusatz einen nicht mehr bitter schmeckenden Stoff aus. Konz. Schwefelsäure löst Pikrolichenin farblos.

245. **Pikroretin** ist nach Altheer (657) der Bitterstoff aus den Zweigen von *Tinospora Rumphii* Boerl. (Menispermacee) und ist wohl identisch mit dem Bitterstoff, den Greshoff (658) aus der Wurzelrinde derselben Pflanze neben geringen Mengen Alkaloid gefunden hat. Auch in den Stengeln von *Tinospora cordifolia* Miers. ist nach Boorsma (659) ein Bitterstoff enthalten, der möglicherweise mit Columbin (siehe dieses) identisch ist oder diesem chemisch nahe steht. Der Bitterstoff wird als farblose Kristalle beschrieben, die in Wasser unlöslich, in Alkohol, Äther und Chloroform löslich sind.

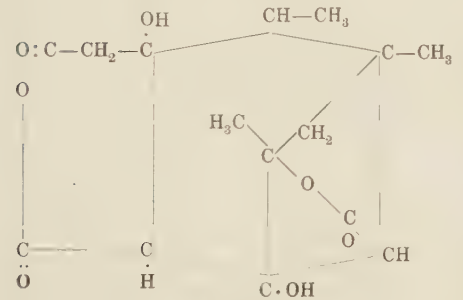
246. **Pikroroccellin** ist der Bitterstoff aus *Roccella fusiformis* Ach. (Roccellacee). Es bildet nach Stenhouse und Groves (660) farblose Prismen, mäßig löslich in kochendem Alkohol, wenig in Äther und Petroläther, unlöslich in Wasser. Es schmilzt bei 192—194°. Konz. Schwefelsäure färbt es tiefbraun und löst es beim Erwärmen. Durch Kochen mit verdünnter Schwefel- oder Salzsäure wird es zersetzt unter Bildung von Xanthoroccellin, das in hellgelben Nadeln kristallisiert. Als Formel kann man $C_{27}H_{58}N_3O_5$ annehmen. Da es stickstoffhaltig ist, kann es mit Roccellinin (siehe dieses) nicht identisch sein.

247. **Pikrotoxin.** Die Kokelskörner, die Früchte der *Anamirta paniculata* Colebr. = *Anamirta cocculus* W. et A. = *Menispermum cocculus* L. (Menispermacee) liefern den giftigen Bitterstoff Pikrotoxin, das von Boullay (661) im Jahre 1820 zuerst hergestellt worden ist. Eine große Anzahl von Forschern hat sich dann mit seiner Gewinnung, seinen Eigenschaften und seiner chemischen Zusammensetzung

beschäftigt. Es sei auf die Literaturzusammenstellung unter (662) verwiesen. Pikrotoxin bildet farblose, in Wasser schwer, in Alkohol, Äther und Chloroform leicht lösliche Kristalle vom Schmelzpunkt 200°. Seine empirische Formel ist $C_{30}H_{34}O_{13}$. Von einem Teil der Pikrotoxinforscher wird es nicht für eine einheitliche chemische Substanz gehalten, sondern für eine konstante Mischung von Pikrotoxinin und Pikrotin, wofür sich zuletzt Sielisch (663) ausgesprochen hat. Angelico (664) hat für die genannten Komponenten des Pikrotoxins folgende Konstitution aufgestellt,



Pikrotoxinin



Pikrotin

die aber von Horrmann (665) nicht anerkannt wurde. Über den Nachweis und die Identifizierung des Pikrotoxins hat ebenfalls eine Reihe von Forschern Mitteilung gemacht. Sie sind unter (666) zusammengestellt. Vgl. auch Mercks Reagenz-Verzeichnis 1924, 587.

248. Pimpinellin, der Bitterstoff aus der Wurzel von *Pimpinella saxifraga* L. (Umbellifere) ist nach Buchheim (667) ein kristallisierter Körper (farblose Nadeln), der bei 97° schmilzt und sich bei über 150° zersetzt. Er ist in Wasser unlöslich, sehr wenig löslich in Äther und Petroläther, leicht hingegen in Alkohol. Konz. Schwefelsäure färbt er vorübergehend rot. Heut (668) fand den Schmelzpunkt bei 106° und den Erstarrungspunkt bei 94°. Entgegen Buchheim fand er, daß sich Pimpinellin in Schwefelsäure mit lauchgrüner Färbung löst. Die alkoholische Lösung wird durch Bleiazetat nicht gefällt. In sehr verdünnter Kalilauge löst es sich beim Erwärmen, wird aber aus dieser Lösung schon durch Kohlensäure wieder abgeschieden. Aus der Analyse von Buchheim läßt sich die Formel $C_{21}H_{16}O_8$ berechnen, während Heut $C_{14}H_{12}O_5$ festgestellt hat. Nach Herzog und Hancu (669) ist das Pimpinellin schwer in reinem Zustande herzustellen. Es bildet lange Nadeln vom Schmelzpunkt 119° und besitzt die Formel $C_{13}H_{10}O_5$, die sich in die Formel $C_{10}H_4O \cdot CO \cdot O(OCH_3)_2$ auflösen läßt. Es ist wahrscheinlich ein Naphthalinderivat, da es durch Oxydation anscheinend in eine substituierte Phthalsäure übergeführt wird. Außerdem hat es Laktoncharakter.

249. Pinckneyin ist ein in der Rinde (Georgia Bark) von *Pinckneya pubescens* Michx. (Rubiacee - Cinchonoidee) von Naudin (670) gefundener Bitterstoff. Er ist bis jetzt noch nicht näher untersucht worden. Vielleicht ist er glukosidischer Natur. Vgl. auch Maisch, Americ. Journ. of Pharmacy **53** (1881), 81; Beckurts Jahresber. **41** (1882), 190.

250. Piscidin. Das zuerst von Nagle (671) aus der Wurzelrinde von *Piscidia erythrina* L. (Leguminose) hergestellte Piscidin gewann Hart (672) aus dem Fluidextrakt der Droge in kleinen, nahezu farblosen, sechsseitigen Prismen vom Schmelzpunkt 192°, die in Wasser unlöslich, leicht löslich in heißem Alkohol, sowie Äther, Chloroform, Benzol und konz. Salzsäure sind. Die Lösung des Piscidins ist neutral. Glukosidischer Natur ist es nicht. Seine Formel lautet $C_{29}H_{24}O_8$. Swaters (673) hat nur ein amorphes, weißes Pulver erhalten, dem er die Formel $C_{15}H_{12}O_4$ gab. Seine Zusammensetzung weicht somit von dem kristallinischen Piscidin nur wenig ab. Dasselbe gilt für die Lösungsverhältnisse des Präparates. Nach Pellacani (674) kann das kristallisierte Piscidin durch Umkristallisieren aus Salzsäure rein erhalten werden. Seine Ansicht, daß Piscidin ein Alkaloid sei, ist irrig.

251. **Plumbagin** wurde von Dulong (675) aus der Wurzel von *Plumbago europea* L. (Plumbaginacee) isoliert. Es bildet kleine orangegelbe prismatische Kristalle, die in kaltem Wasser wenig löslich sind, diesem aber eine intensiv gelbe Färbung verleihen. In heißem Wasser ist es leichter löslich. Die Lösung ist neutral gegen Lackmus. In Alkohol und Äther ist es leicht löslich. Die alkoholische Lösung wird durch Ammoniak und Alkalien kirschrot gefärbt. Dieselbe Färbung verursacht Bleisubazetat, nach einiger Zeit scheidet sich ein karmoisinroter Niederschlag aus. In Schwefelsäure löst es sich rotorange. Nach Greshoff (676) ist Plumbagin identisch mit Ophioxylin (siehe dieses).

252. **Plumierid** ist ein Bitterstoff aus der Rinde von *Plumiera acutifolia* Poir. (Apocynacee). Er bildet nach Boorsma (677) weiße, neutral reagierende Kristalle und kann aus alter Rinde etwa zu 5—6 % gewonnen werden. Plumierid ist kein Glukosid und ist stickstoffrei. Es entspricht der Formel $C_{30}H_{40}O_{18} + H_2O$. Es löst sich in heißem Wasser, Alkohol, Äther, Chloroform und Benzol, weniger in Amylalkohol und Essigäther. Die Lösung wird durch die üblichen Alkaloidreagenzien nicht gefällt. Löst man Plumierid in konz. Schwefelsäure, so färbt sich diese stark gelb und setzt nach 24 Stunden einen grünen Niederschlag ab, wobei die Säure eine violette oder blaue Färbung annimmt. Als charakteristische Reaktion kann die mit Salzsäure betrachtet werden. Bei gewöhnlicher Temperatur löst sich der Bitterstoff in Salzsäure erst farblos, dann gelb und rot, wobei sich ein brauner Niederschlag bildet. Nach 24 Stunden ist die Lösung schön violett gefärbt. Kocht man einige Milligramm mit 1—1,5 ccm 25%iger Salzsäure, so wird die Mischung erst gelb, dann granatrot und schließlich mißfarbig. Nach fortgesetztem Kochen erscheint das Filtrat dunkelrot, bei auffallendem Licht blau, etwa wie Lackmustinktur. Beim Verdünnen mit Wasser geht die Farbe in Purpurblau und nach dem Alkalisieren mit Natronlauge in Orange über. Merck (678) isolierte aus *Plumiera acutifolia* einen Bitterstoff, den er mit dem von Boorsma nicht für identisch hielt. Er bildet weiße aus radial gelagerten Säulen bestehende Warzen, die nach vorhergehendem Sintern bei 157 bis 158° unter Gasentwicklung schmelzen. Als Formel berechnete der Autor

$$C_{57}H_{75}O_{33} + 2\,H_2O.$$

Nach Franchimont (679) sind die beiden genannten Bitterstoffe aber doch identisch. Hiernach schmilzt das (optisch linksdrehende) Plumierid bei 153°. Entgegen der Behauptung Boorsmas glaubt Franchimont an die glukosidische Natur des Bitterstoffes. Dieser ist außerdem mit Agoniadin identisch. Bei der weiteren Untersuchung fand Franchimont, daß Plumierid unter der Einwirkung von Jodwasserstoff Methyljodid abspaltet und außerdem durch Barytwasser schon in der Kälte in Methylalkohol und Plumieridsäure, $C_{20}H_{24}O_{12}$, zerlegt wird. Demnach könnte er ein Ester des Methylalkohols sein. Als Formel nennt der Autor $C_{21}H_{24}O_{12}$.

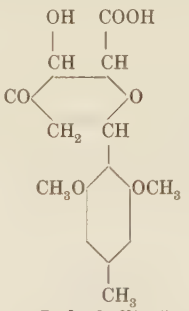
253. **Podophyllin** ist der Prototyp einer von der Wissenschaft nicht anerkannten und deshalb in Vergessenheit geratenen Körperklasse, der sog. Resinoide, die im vorigen Jahrhundert durch die amerikanische Schule der Eklektiker zu Ansehen kamen, zum Teil aber jetzt unter den Bitterstoffen aufgeführt werden. Die Resinoide hätten eigentlich ebensogut Berechtigung gehabt, als besondere Klasse geführt zu werden, wie die Bitterstoffe, wenn diese Gruppe nicht in gewissem Sinne entartet wäre und ihre Einzelglieder nicht auf die Gruppen der Alkaloide, Glukoside und Bitterstoffe übergegriffen und damit das für sie anfangs Charakteristische verloren hätten. So nannte man sie bald nur noch »amerikanische Konzentrationen« und damit verlor die ganze Klasse ihr wissenschaftliches Ansehen. Nur einige Resinoide, wie das Evonymin, haben sich gehalten, aber auch dieses wurde fragwürdig und unzuverlässig, als sich einer seiner Bestandteile, das reine bittere Glukosid, denselben Namen aneignete und als Medikament durchsetzte. So blieb nur das Podophyllin von der großen Klasse der Resinoide in Ansehen und ist heute noch offizinell. Die eigentlichen Resinoide waren Mischpräparate, die durch Fällung des alkoholischen Pflanzenauszuges mit Wasser oder gewissen Salzlösungen gewonnen wurden. Sie

enthielten neben harzähnlichen Stoffen und ätherischen Ölen Alkaloide, Glukoside und Bitterstoffe, je nachdem die verwendete Droge solche Körper enthielt. So sind auch im Podophyllin verschiedene Bestandteile der getrockneten Wurzel von *Podophyllum peltatum* L. und *Podophyllum emodi* Wall. (Berberidaceen), wie Podophyllotoxin, Pikropodophyllin, Podophylloquercetin, Podophylloresin und eine cholesterinartige Verbindung enthalten. Alkaloid Berberin enthält es nicht. Mit der Herstellung, der Zusammensetzung, den Eigenschaften und der Prüfung des Podophyllins hat sich eine große Anzahl von Forschern beschäftigt, die unter (680) im Literaturverzeichnis aufgeführt sind. Von ihnen sind besonders Podwyssotzki, Kürsten, Dunstan und Henry hervorzuheben. Man unterscheidet gewöhnlich zwei Podophylline, das sogenannte »amerikanische« aus *Podophyllum peltatum* und das »indische« aus *Podophyllum emodi*, obwohl man beide als identisch betrachten kann. Der einzige Unterschied der beiden Präparate ist nach Dott der, daß das amerikanische Podophyllin in Ammoniakflüssigkeit löslich ist, während das indische damit keine echte Lösung, sondern eine gelatinöse Masse bildet. Qualitativ sind sie beide sonst gleich zusammengesetzt, quantitativ ist das indische Podophyllin reicher an Podophyllotoxin.

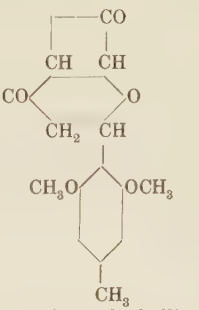
Das Podophyllin ist ein amorphes, gelbes Pulver oder eine lockere, leicht zerreibliche Masse von gelblich- oder bräunlichgrauer Farbe. Bei 100° nimmt es eine dunklere Farbe an, ohne zu schmelzen. An Wasser, in dem es sich nicht löst, gibt es geringe Mengen eines bitter schmeckenden, farblosen, neutralen Stoffes ab. Dieses Wasser wird dann durch Eisenchlorid braun gefärbt, durch Bleisubazetat wird es erst gelb gefärbt und dann scheiden sich rotgelbe Flocken aus. Podophyllin löst sich in Alkohol und Natronlauge vollständig, ebenso in 100 Teilen Ammoniakflüssigkeit, zum Teil auch in Äther, Chloroform und Schwefelkohlenstoff. Sein wichtigster Bestandteil ist das

Podophyllotoxin, das aus der Wurzel von *Podophyllum peltatum* und *P. emodi* auch direkt mit Chloroform ausgezogen und aus Benzol umkristallisiert werden kann. Es bildet farblose Nadeln, die nach Kürsten bei 94° und nach Dunstan bei 117° schmelzen. Sie lösen sich leicht in Alkohol, Chloroform und heißem Benzol, wenig in Wasser und Äther. Die Lösung ist linksdrehend. Die Formel des Podophyllotoxins ist nach Kürsten $C_{20}H_{15}O_6(OCH_3)_3 + 2\,H_2O$, nach Dunstan $C_{15}H_{14}O_6 + 2\,H_2O$. Beim Schmelzen mit Ätzalkalien liefert es Orcin und Essigsäure, beim Destillieren mit Zinkstaub Dimethylnaphthalin.

Pikropodophyllin ist ein Isomeres des Podophyllotoxins. Es entsteht aus Podophyllinsäure durch Verlust von Wasser und wird in feinen Nadeln vom Schmelzpunkt 227° erhalten. In Alkohol, Äther, Chloroform und Eisessig löst es sich leicht, in Wasser und Petroläther ist es unlöslich. Es ist optisch inaktiv. Beim Schmelzen mit Ätzalkalien liefert es Orcin und Essigsäure, beim Destillieren mit Zinkstaub Dimethylnaphthalin.



Podophyllinsäure



Pikropodophyllin

Podophylloquercetin ist nach Dunstan identisch mit Quercetin, $C_{15}H_{10}O_7 + 2\,H_2O$, gelbe, bitterschmeckende Nadeln vom Schmelzpunkt 310°. Es ist fast unlöslich in Wasser, wenig löslich in heißem Wasser, Alkohol und Äther, leicht löslich in Alkalien mit gelber Farbe.

Podophyllinsäure bildet sich beim Erwärmen von Podophyllotoxin mit kaustischen Alkalien. Sie hat die Formel $C_{15}H_{16}O_7$.

Podophylloresin ist nach Dunstan eine harzartige, amorphe, alkohollösliche und wasserunlösliche Substanz von der Formel $C_{12}H_{10}O_2(OH)_2$.

254. Polygala-Bitterstoff aus der Wurzel von *Polygala amara* L. (Polygalacee) beschreibt Chodat (681) als amorphe, bräunliche Substanz, deren Lösung durch

Tannin, nicht aber durch Bleisubazetat fällbar ist.

Ein unreiner Körper war jedenfalls auch der von Reinsch (682) beschriebene Bitterstoff »Polygamarin«. Er enthielt angeblich noch Chlorophyll und Wachs, war in Wasser und Alkohol löslich und schäumte in starker Verdünnung mit Wasser, enthielt also wohl auch noch ein Saponin (Senegin?).

255. **Polygalin** nannte Benemann (683) einen Bitterstoff, den er aus der Wurzel von *Polygala amara* L. (Polygalacee) als sehr hygroskopische, braune Substanz erhielt (etwa 1,2%). Es war leicht löslich in Wasser und Alkohol. Sehr wahrscheinlich war es nur ein unreiner Extraktivstoff. Mit dem von Reinsch (684) genannten Polygamarin aus *Polygala amara* könnte es identisch sein, nicht aber mit dem von Christophsohn (685) erwähnten Polygalin, einem Saponin.

256. **Pongamia-Bitterstoff.** Der bitterschmeckende Stoff der Rinde von *Pongamia glabra* Vent. (Leguminose) beruht nach Dymock (686) auf einem Alkaloidgehalt, während es sich bei dem Bitterstoff des Pongamöles aus den Samen um einen harzartigen Körper handelt. Näher beschrieben ist dieser Bitterstoff nicht.

257. **Prinos-Bitterstoff.** In der Rinde von *Prinos verticillatus* L. = *Ilex verticillata* Gray (Aquifoliacee) beobachtete Collier (687) einen Bitterstoff, den er wie später Smith (688) herstellte und beschrieb. Er war hiernach nur ein gereinigter Extraktivstoff, der sich in Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform löste und in wässriger Lösung schwach saure Reaktion zeigte. Er wurde durch Zinnchlorid, Silbernitrat, Quecksilberchlorid und Mayers Reagens gefällt.

258. **Pterocarpin.** Bereits von Cazeneuve (689) wurde dieser Bitterstoff aus dem Santelholz, dem Holz von *Pterocarpus santalinus* L. (Leguminose) hergestellt. Später berichten Cazeneuve und Hugounenq (690) über Pterocarpin und das diesem sehr nahe stehende Homopterocarpin.

Das Pterocarpin ist eine weiße, kristallinische Substanz von der Formel $C_{10}H_8O_8$, die bei 145° sintert und bei 152° schmilzt. Es ist optisch linksdrehend. In Wasser und kaltem Alkohol ist es unlöslich, leichter löslich in heißem Alkohol, wenig löslich in Äther. Aus Chloroform kristallisiert es in Prismen des klinorhombischen Systems.

Das Homopterocarpin bildet weiße, lange Nadeln, löslich in Äther, Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenstoff, weniger in kaltem als in heißem Alkohol. Es ist optisch linksdrehend. Bei 70° sintert es, um bei 82—86° zu schmelzen. Aus seinen Umsetzungsprodukten beim Behandeln mit Salzsäure und Schmelzen mit Kaliumhydroxyd läßt sich erkennen, daß das Homopterocarpin eine Resorcingruppe und mehrere Methylgruppen enthält. Es steht vermutlich den Cumarinen nahe. Dasselbe gilt für das Pterocarpin.

259. **Purshia-Bitterstoff.** In den Samen und Samenschalen von *Purshia tridentata* D. C. (Rosacee) fand Trimble (691) einen kristallinischen Bitterstoff in Form gelber Nadeln, die in Wasser und Alkohol löslich waren. Die wässrige Lösung wurde durch Bleisubazetat gelb gefällt, Bleiazetat hatte keinen Einfluß. Eisenchlorid färbte dunkelgrün, vielleicht infolge eines geringen Gerbsäuregehaltes des Bitterstoffes.

260. **Pyrethrin.** Aus der Wurzel von *Anacyclus pyrethrum* D.C. = *Anthemis pyrethrum* L. (Composite) isolierte Parisel (692) einen harzartigen, unreinen Bitterstoff, den er »Pyrethrin« nannte. Nach Koene (693) bestand dieses Pyrethrin aber aus drei Stoffen, die nach der Beschreibung nicht den Eindruck erwecken können, daß sie einheitlich gewesen wären. Nach Thompson (694) erhält man das Pyrethrin durch Eindampfen eines mit Wasser gewaschenen ätherischen Auszuges der Wurzel oder aus dem alkoholischen Extrakt als in Alkohol, Äther, Essigsäure und fetten Ölen löslichen Extraktivstoff, der aus einem in kaustischen Alkalien unlöslichen harten Harz und einem darin löslichen dunkelgelben Öl besteht, also auch keinen Anspruch auf Reinheit machen kann. Zuletzt hat sich Schneegans (695) mit dem Pyrethrin befaßt. Er gewann es in weißen Nadeln, die bei 45° schmelzen. Es löst sich leicht in Alkohol, Äther, Azeton, Benzol, Eisessig, Chloroform und Schwefelkohlenstoff, in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien ist es unlöslich. In Schwefelsäure löst es sich mit

gelber Färbung, die rasch in Rot übergeht. Die Konstitution des Pyrethrins ist noch nicht erforscht. Bemerkt sei noch, daß auch Buchheim (696) aus der Bertramwurzel einen Körper isolierte, den er »Pyrethrin« nannte. Er dürfte mit dem von Schneegans beschriebenen Pyrethrin schon deshalb nicht identisch sein, weil er stickstoffhaltig war. Er bildet bei längerem Stehen über Schwefelsäure eine talgähnliche, aus mikroskopisch kleinen Nadeln bestehende Masse, die schon bei Körpertemperatur schmilzt und klebrig wird. In Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien ist es unlöslich, löst sich hingegen leicht in Alkohol und Äther. Dunstan und Garnett (697) erhielten aus genannter Wurzel einen »Pellitorin« genannten Stoff, der möglicherweise mit Pyrethrin identisch ist.

261. Pyrethrosin, der Bitterstoff aus den Blüten v. *Chrysanthemum cinerariaefolium* Bocc. (Composite), wurde von Thoms (698) aus dem ätherischen Extrakt der Droge in farblosen Kristallen hergestellt. Es bildet rhombische Oktaeder von der Formel $C_{34}H_{44}O_{10}$, die bei 188—189° schmelzen, in Wasser unlöslich, in Äther und Petroläther wenig und in heißem Alkohol und Chloroform reichlich löslich sind. Erwärmt man Pyrethrosin mit 25%iger Salzsäure, so erhält man eine rote bis rotviolette Lösung, aus der durch Wasser eine gelbe, amorphe Substanz ausgeschieden wird. Sie reduziert alkalische Kupferlösung. Mit dem Alkaloid Chrysanthemin, das Marino-Zucco (699) beschrieben hat, kann Pyrethrosin nicht identisch sein, da ja Pyrethrosin stickstoffrei ist.

262. Quassin (Quassiin). Dieser Bitterstoff findet sich sowohl im sogenannten Surinambitterholz der *Quassia amara* L. (Simarubacee) als auch im sogenannten Jamaikabitterholz der *Picrasma excelsa* Planch. = *Picraena excelsa* Lindl. (Simarubacee) in Mengen von etwa 0,1—0,25%. Die erste Mitteilung über das Quassin liegt von Keller (700) vor, dann berichteten Winckler (701) und Wiggers (702). Winckler war jedenfalls der erste, der das Quassin in reiner kristallinischer Form in Händen hatte. Wiggers nannte es auch »Quassit«. Weitere Berichterstatter waren Enders (703), Christensen (704), Olivieri und Denaro (705), Massute (706), Goldschmidt und Weidel (708), Merck (709), Shimoyama und Hirano (710), Schuster (711) und bezüglich des chemischen Nachweises und der Identifizierung Wittstein (712), Enders (713), Hoffstedt (714), Kubicki (715), Allen (716), Adams (717), Chapman (718) und Glücksmann (719). Bemerkt sei, daß Shimoyama auch aus der *Picrasma ailanthoides* Planch. (vielleicht identisch mit *Picrasma quassioides* Benn.) einen Bitterstoff gewann, den er »Pikrasmabitterstoff« nannte, dessen Identität mit Quassin nicht bewiesen ist.

Die empirische Formel des Quassins ist nach Wiggers $C_{10}H_{12}O_3$, nach Christensen $C_{31}H_{42}O_9$, nach Olivieri $C_{30}H_{36}(CH_3)_2O_{10}$. Olivieri hält Anthrachinon für den Kern des Quassins und vermutet in seinem Molekül 4 Hydroxylgruppen, 2 Carbonylgruppen und 2 Ketongruppen. Nach Massute ist Quassin aus *Quassia amara* keine einheitliche Substanz, da es sich in vier Körper trennen läßt, die der Autor unter dem Begriff »Quassiine« zusammenfaßt. Es handelt sich vielleicht um Homologe. Der Bitterstoff aus *Quassia amara* ist nach Angabe desselben Autors ferner nicht identisch mit dem Bitterstoff aus *Picrasma excelsa*, für den er deshalb den Namen »Pikrasmin« gewählt hat. Bei fraktionierter Kristallisation aus Alkohol erhält man aus ihm zwei Substanzen, nämlich $C_{35}H_{46}O_{10}$ mit dem Schmelzpunkt 204° und $C_{36}H_{48}O_{10}$ mit dem Schmelzpunkt 209 bis 212°. Es dürfte sich also auch hier um Homologe handeln. In den Verkehr kommen verschiedene Quassinpräparate; so liefert E. Merck in Darmstadt:

1. Quassin puriss. cryst., weiße, bei etwa 210° schmelzende Kristalle, die sich leicht in Alkohol und schwer in Wasser lösen. Es ist mit Pikrasmin (Massute) identisch und liefert beim Umkristallisieren Pikrasmin vom Schmelzpunkt 204°. [Vgl. Archiv d. Pharmazie **228** (1890), 164.]

2. Quassin puriss. pulv., der reine amorphe Bitterstoff, der neben dem kristallisierten Bitterstoff in *Picraena excelsa* vorkommt. Es ist ein gelbes, in Alkohol lösliches Pulver.

3. Quassin usu gallico, ein gereinigtes Extrakt aus Jamaikabitterholz.

4. Quassin depuratum, ein Gemenge der Quassiabitterstoffe.

263. **Quercetagetin.** Aus den Blüten von *Tagetes patulus* L. (Composite) und anderen Tagetesarten isolierten Latour und Magnier (720) diesen Körper in Form gelber Kristalle von der Zusammensetzung $C_{27}H_{22}O_{13} + 4\,H_2O$. Bei der Nachprüfung stellte Perkin (721) die Formel $C_{15}H_{10}O_8$ fest. Wahrscheinlich enthält das Quercetagetin im Molekül 6 Hydroxylgruppen. Es schmilzt bei 318—320°, ist in Wasser unlöslich und in Alkohol löslich. Beim Schmelzen mit kaustischen Alkalien bildet es Protokatechusäure und ein noch unbekanntes Phenol.

264. **Quercin** wird zuweilen ein aus der Rinde von *Quercus robur* L. (Fagacee) herstellbarer Bitterstoff genannt, von dem aber noch nicht feststeht, ob er ein einheitlicher Körper oder ein mit Bitterstoff verunreinigter Quercit, $C_6H_{12}O_5$, ist. Er bildet angeblich weiße, sehr bitter schmeckende Kristalle, die in Wasser, Säuren und Alkalien löslich, in absolutem Alkohol und Äther unlöslich sind. In Schwefelsäure löst sich Quercin mit orangegelber Färbung, die beim Erwärmen in Braun übergeht. Quercin wurde von Geiger (722) hergestellt. Das von Vincent und Delachanal (723) aus Eicheln gewonnene Quercin war Quercit.

265. **Rhinakanthin** aus der Wurzel von *Rhinacanthus communis* Nees. (Acanthacee) ist nach Liborius (724) eine bei gewöhnlicher Temperatur zähe, harzartige, dunkelkirschrote Masse, die beim Erwärmen weich und fadenziehend wird. Kristallinisch konnte sie nicht erhalten werden. Rhinacanthin ist stickstoffrei und kein Glukosid. Die alkoholische Lösung reagiert schwach alkalisch und wird durch Essigsäure grünlichgelb verfärbt. In Wasser ist Rhinacanthin fast unlöslich. Als Formel stellte Liborius $C_{14}H_{18}O_4$ auf.

266. **Roccellinin** wurde von Stenhouse (725) aus der Orseilleflechte *Roccella tinctoria* Ach. (Roccellacee) in feinen, seidenglänzenden Nadeln erhalten. Sie lösen sich nur wenig in Alkohol und Äther, leicht in Alkalien. In Wasser sind sie unlöslich. Durch Blei- und Silbersalze werden die Lösungen des Roccellinins nicht gefällt. Mit Chlorkalklösung färbt es sich grüngelb. Bei der Oxydation mit Salpetersäure entsteht Oxalsäure. Stenhouse berechnete die Formel $C_{38}H_{34}O_{15}$.

267. **Salacia-Bitterstoff** wurde von Peckolt (726) aus den entfetteten Samen von *Salacia fluminensis* Peyr. (Hippocratacee) als firnisähnliche Masse oder weißgelbliches Pulver gewonnen. In Äther ist es fast unlöslich, leicht löslich in Wasser, Alkohol, Amylalkohol und Chloroform mit neutraler Reaktion. Die Lösung wird durch Tannin und Platinchlorid nicht gefällt, wohl aber durch Goldchlorid, Quecksilberchlorid, Jodjodkalium, Pikrinsäure und Mayers Reagens.

268. **Salicarin.** Von Bitterstoffen aus der Familie der Lythraceen ist bisher nur das Nessin (siehe dieses) bekannt geworden. Zu diesem gesellt sich jetzt das allerdings noch nicht näher beschriebene Salicarin aus *Lythrum salicaria* L., das in Frankreich als Spezialmittel gegen Dysenterie gebraucht wird. Es ist angeblich glukosidischer Natur, wie Caille (727) berichtet hat. Es sei bemerkt, daß Carracido und Madinaveita (728) bei der Untersuchung des *Lythrum salicaria* nur eine sehr geringe Menge Cholin nachweisen konnten, während Zellner (729) bei einer sehr genauen Prüfung der Pflanze, wenigstens im Kraute, weder Bitterstoff, noch Glukosid oder Alkaloid fand.

269. **Salvia-Bitterstoff.** In den Blüten, namentlich den Kelchen der *Salvia splendens* Sellow (Labiate) findet sich nach Peckolt (730) ein amorpher Bitterstoff (0,6%), der als eine transparente Masse erhalten werden kann. Zerrieben bildet er ein weißgelbliches Pulver, das sich in Wasser mit neutraler Reaktion löst. Es ist auch in Alkohol, Äther und Chloroform löslich. Mit konz. Schwefelsäure liefert es eine rotbräunliche Lösung. Die wässrige Lösung wird durch Goldchlorid, Jodjodkalium, Tannin und Mayers Reagens gefällt.

270. **Samaderin** ist der Bitterstoff aus den Samen und der Rinde von *Samadera indica* Gärtn. (Simarubacee). Nach van der Marck (731) bildet der Bitterstoff fast weiße Kristalle, die bei 255° schmelzen und sich nur wenig in Alkohol lösen.

Der Autor berechnete hierfür die Formel $C_{29}H_{34}O_{11}$. Er glaubt, daß er mit dem von van Tönningen (732) beschriebenen Samaderin identisch ist. Er ist optisch rechtsdrehend, löst sich in konz. Schwefelsäure mit violetter Färbung. Mit Fröhdes Reagens liefert er eine violette Färbung, die allmählich verblaßt und dann in Olivgrün übergeht. Die wässrige Lösung wird durch Tannin, Bleiazetat und Bleisubazetat nicht gefällt. Außerdem erhielt van der Marck aber noch einen bitteren Farbstoff in gelben Kristallen, sowie aus dem Holz der genannten Pflanze einen schön fluoreszierenden, amorphen Farbstoff, der ebenfalls einen bitteren Geschmack aufwies, und einen kristallisierten Bitterstoff, der in Äther schwer, besser in siedendem Wasser, Alkohol und Chloroform löslich war. Er vermutet, daß dieser Bitterstoff dem Quassin nahe steht.

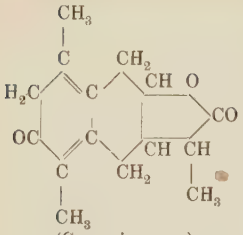
271. **Sandarak-Bitterstoff** wurde von Tschirch und Balzer (733) aus afrikanischem Sandarakharz von den Coniferen *Callitris quadrivalvis* Vent. und *Callitris articulata* Vent. hergestellt. Es war ein hellgelbes, amorphes Pulver, nicht glukosidischer Natur. Es löste sich in Wasser, Alkohol und Äther. Mit konzentrierter Salpetersäure erhitzt, löste sich der Bitterstoff unter Entwicklung von Stickoxyddämpfen mit gelber Färbung, und es konnte Pikrinsäure nachgewiesen werden.

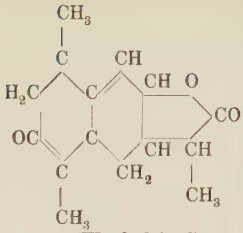
272. **Sandoricum-Bitterstoff.** Über einen Bitterstoff in den Samen und in der Rinde von *Sandoricum indicum* Cav. und *S. nervosum* Bl. (Meliaceen) berichtet Boorsma (734). Die Konsistenz des Bitterstoffes aus den Samen (gelbes Pulver) und aus der Rinde (gelbe, klebrigzähe Substanz) legt die Vermutung nahe, daß entweder zwei verschiedene Bitterstoffe vorliegen, oder daß in der Rinde noch ein Stoff enthalten ist, der an und für sich flüssig, sich nach der Herstellungsmethode nicht von dem eigentlichen, festen Bitterstoff trennen läßt. Bezüglich der Löslichkeit sei bemerkt, daß der Bitterstoff in Wasser schwer, leicht hingegen in Alkohol und Äther löslich ist.

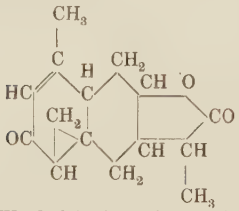
273. **Santolina-Bitterstoff** wurde von Maben (735) aus dem Kraut von *Santolina chamaecyparissus* L. (Composite) isoliert. Es war ein unreiner mit Harz, Gerbstoff und Chlorophyll verunreinigter Körper, den der Autor nicht näher beschrieben hat. Er sagt von ihm nur, daß er in Wasser und Alkohol löslich sei.

274. **Santonin.** Dieser Bitterstoff ist neben zwei anderen (vgl. Artemisin und Artemisiabitterstoff) in den unvollständig entwickelten Blütenköpfchen der turkestanischen *Artemisia maritima* L. (Composite), den sog. Flores Cinae (Wurmsamen) in Mengen von 1,5—3% enthalten. In neuerer Zeit hat man auch andere Artemisiaarten santoninhaltig gefunden und diese zum Teil zur Gewinnung von Santonin benutzt. So enthalten nach Greenish und Pearson (736) *Artemisia brevifolia* Wall., nach Holmes (737), Viehoever und Capen (738) *Artemisia mexicana* und *neo-mexicana* Wooton sowie nach einem Patent der Soteria G. m. b. H. (739) in Königsee einheimische Artemisiaarten Santonin.

Santonin wurde im Jahre 1830 gleichzeitig von Kahler (740) und Alms (741) im Wurmsamen entdeckt. Seine Darstellung ist verhältnismäßig einfach. Der Wurmsamen wird (gewöhnlich nach Entfernung des ätherischen Öles) mit heißem Wasser oder Alkohol unter Zusatz von Kalziumhydroxyd ausgezogen, wobei auch ein Teil des Artemisiabitterstoffes (vgl. diesen) in Lösung geht. Nach dem Eindampfen wird die so erhaltene Lösung von Kalziumsantoninat mit Salz- oder Essigsäure behandelt. Das ausgeschiedene Santonin wird aus heißem Alkohol unter Zusatz von Tierkohle als Entfärbungsmittel umkristallisiert. Man erhält es in farb- und geruchlosen, rhombischen Täfelchen, die bei 170° schmelzen und bei weiterem vorsichtigen Erhitzen unzersetzt sublimieren. Santonin löst sich sehr wenig in kaltem Wasser (1:5000), leichter in Alkohol, Äther und Chloroform. Seiner Konstitution nach ist es das Anhydrid der Santoninsäure, deren Salze es beim Lösen in Alkalien bildet. Nach Ruzicka, Meyer und Mingazzini (742) gehört es in die Gruppe der Sesquiterpene. Mit der Erforschung seiner Konstitution haben sich Hesse (743), Cannizzaro (744), Wedekind (745) und Angeli (746) besonders befaßt. Hiernach kommt ihm folgende Formel zu:


(Cannizzaro)


(Wedekind)


(Wedekind u. Angeli)

Im übrigen verweise ich bezüglich Santoninliteratur auf die Zusammenstellung unter (747).

Santonin ist lichtempfindlich. In Substanz und Lösung geht es unter dem Einflusse des Lichtes, namentlich des Sonnenlichtes, in ein gelb gefärbtes Isomeres des Santonins, das Chromosantonin, über, das durch Umkristallisieren wieder in Santonin übergeführt werden kann. Nach Montemartini (748) hat die gelbe Modifikation einen um 5—7° niedrigeren Schmelzpunkt als die weiße. Das Chromosantonin ist nicht zu verwechseln mit den von Sestini (749), Francesconi-Maggi (750) und von Piutti (751) beschriebenen Körpern, den Photosantoninen und den Photosantonsäuren, die bei längerer Einwirkung von Sonnenlicht auf die Lösungen von Santonin bzw. Santoninsäure entstehen. Das linksdrehende, farblose α-Photosantonin schmilzt bei 68 bis 69°, das rechtsdrehende, farblose β-Photosantonin bei 154—155°.

Identitätsreaktionen des Santonins vgl. Mercks Reag.-Verzeichnis (1924), 590; Bestimmungsmethode des Santonins in santoninhaltigen Drogen vgl. Katz (752), Goerlich (753), Favrel (754) und van den Berg (755).

Santonin ist das bekannteste Mittel gegen Würmer (Askariden). Diese wurmtötende bzw. wurmtreibende Wirkung teilt es nach Meßner (756) mit der Santoninsäure, nicht aber mit der Santonsäure.

275. Sapindus-Bitterstoff. In den Früchten, frischen Blättern und der Stammrinde von *Sapindus saponaria* L. (Sapindacee) fand Peckolt (757) Bitterstoffe, die jedenfalls miteinander identisch sind, in den Blättern 0,12% und in der Stammrinde 0,42 %. Durch Ausschütteln mit Amylalkohol erhielt der Autor stets ein gelbes bitteres Pulver aus dem Fruchtfleisch, das in Wasser, Alkohol, Ätherweingeist und Amylalkohol löslich war. Die Lösung wurde durch Goldchlorid, Jodjodkalium und Tannin gefällt. Den aus den Blättern und der Stammrinde isolierten Bitterstoff beschreibt Peckolt nicht besonders, so daß man annehmen kann, er habe sich wie der Fruchtbitterstoff verhalten.

276. Sapium-Bitterstoff. In den Blättern von *Sapium biglandulosum* var. Klotzschianum Müll. Arg. (Euphorbiacee) ist nach Peckolt (758) etwa 0,1 % eines amorphen Bitterstoffes enthalten. Er bildet eine gelbrötliche Masse, die in Wasser bis auf einen geringen harzartigen Rückstand löslich ist. Nach der Reinigung mittels des Tannin-Bleiverfahrens ergab sich ein weißgelbliches Pulver, das in Wasser, Alkohol, Methyl- und Amylalkohol sowie in Chloroform löslich war. Die Lösung reagierte neutral und gab mit Kaliumquecksilberjodid, Quecksilberchlorid und Tannin Niederschläge.

277. Sapota-Bitterstoffe. In den Früchten, Samen, frischen Blättern und der Stammrinde von *Sapota achras* Mill. = *Achras sapota* L. (Sapotacee) fand Peckolt (759) einen amorphen und einen kristallisierten Bitterstoff. Der amorphe Bitterstoff ist ein blaßgelbliches Pulver von stark bitterem Geschmack. Er ist in Wasser, Alkohol und Amylalkohol löslich. Seine Lösung wird durch Jodjodkalium, Quecksilberchlorid, Tannin und Mayers Reagens gefällt. Der kristallisierte Bitterstoff, das sogen. »Sapotin«, mit welchem Namen Bernon (760) früher ein Alkaloid aus *Achras sapota* bezeichnete, bildet kleine Nadeln von mild bitterem Geschmack. Löst man es in Schwefelsäure, so erhält man eine kaum gefärbte Lösung, die auf Zusatz von Kaliumdichromat in Violettrot übergeht. Es löst sich in heißem Alkohol, in Äther, Chloroform und angesäuertem Wasser, unlöslich

ist es in kaltem Wasser und Petroläther. Die Lösung reagiert nicht mit Tannin und anderen Alkaloidfällungsreagenzien. Mit Goldchlorid erzeugt sie ein gelbbräunliches Präzipitat. Bemerkt sei noch, daß Michaud (761) von einem Glukosid »Sapotin« aus *Achras sapota* spricht, das gleichfalls einen bitteren Geschmack aufweist. Es ist ein kristallinisches Pulver, das bei 240° schmilzt und die Formel $C_{29}H_{52}O_{20}$ erhielt. Es ist optisch linksdrehend, sehr leicht löslich in Wasser, weniger in Alkohol, unlöslich in Äther und Chloroform. Die alkoholische Lösung wird durch Äther gefällt. Tannin fällt nicht, dagegen Bleisubazetat. In Schwefelsäure löst sich das Glukosid orangerot bis granatrot. Bei der Hydrolyse liefert es Sapotiretin, $C_{17}H_{23}O_{10}$, und Glukose.

278. **Sarcocephalus**-Bitterstoff. In Rinde, Holz und Blättern von *Sarcocephalus cordatus* Miq. und *Sarcocephalus esculentus* Afz. (Rubiaceen) ist Bitterstoff enthalten, worüber Greshoff (762), Hekkel und Schlagdenhauffen (763), Niederstadt (764) und Boorsma (765) berichten. Heckel und Schlagdenhauffen haben darauf hingewiesen, daß in Sarcocephalus kein Alkaloid vorhanden sei, wie unter anderm Rochefontaine angenommen hat, sondern zwei bitter schmeckende, harzartige Körper, welche aber nicht stickstoffrei seien. Er nennt die Formeln $C_{28}H_{19}NO_{13}$ und $C_{19}H_{16}NO_9$. Niederstadt konnte das zum Teil bestätigen, denn er erhielt (aus dem Holz von *Sarcoc. escul.*) eine bittere Harzsäure, die optisch inaktiv war, in Alkohol leicht, in Äther schwer löslich und in Wasser unlöslich war. Sie löste sich hingegen in Alkalien und wurde aus dieser Lösung durch Säuren wieder flockig abgeschieden. Im Gegensatz zu Niederstadt hat Greshoff den Bitterstoff aus *Sarcoc. cord.* als wasserlöslichen, harzartigen Körper beschrieben, der durch Bleisalze nicht gefällt wird. Jedenfalls bedürfen die genannten Sarcocephalusbitterstoffe noch eingehender Untersuchung.

279. **Scaevola**-Bitterstoff. Aus den Blättern von *Scaevola Koenigii* Vahl. (Goodeniacee) isolierte Hartmann (766) zwei glukosidische Stoffe, einen kristallinischen, vermutlich ein Saponin, da er in wässriger Lösung stark schäumt, und einen amorphen harzartigen Körper. Boorsma (767) gewann aus der Rinde der Pflanze 1,5 % einer amorphen, gummiartigen, stark bitter schmeckenden Substanz, die in Wasser löslich war. Dieser Bitterstoff soll sich in Schwefelsäure zunächst mit gelber, dann in Rot und Violett übergehender Färbung lösen. Alkaloidfällungsreagenzien wirken auf die wässrige Lösung nicht ein. Der Bitterstoff soll schwach giftig sein.

280. **Scilla**-Bitterstoff. In den Zwiebeln der *Scilla maritima* L. = *Urginea maritima* Barker (Liliacee) ist ein Bitterstoff vorhanden, dessen Herstellung schon im 18. Jahrhundert versucht wurde. Die ältere Literatur ist im Verzeichnis unter (768) angeführt. Im Jahre 1826 stellte Tilloy (769) den Bitterstoff Scillitin her, von dem auch Mandet (770) berichtet, der neben Scillitin das unbekannt gebliebene Skuletin nachgewiesen hatte. Jarmersted (771) und Kurtz (772) fanden das glukosidische Scillain. Später stellte Merck (773) die Bitterstoffe Scillipikrin, Scillitoxin und Scillitin her. Das von ihm gleichfalls entdeckte Scillin dürfte mit dem Scillin von Riche und Rémont (774) sowie mit dem Sinistrin von Schmiedeberg (775) identisch sein. Es handelte sich bei diesem Körper sehr wahrscheinlich um ein mehr oder weniger bitterstoffhaltiges optisch linksdrehendes Kohlenhydrat $C_6H_{10}O_5$, das in reinem Zustande geschmacksfrei ist.

Scillain ist ein gelbliches, amorphes Pulver, das in Wasser, Äther und Chloroform wenig, in Alkohol leicht, in konz. Salzsäure mit roter Farbe löslich ist.

Scillitin ist ein unreiner, brauner Extraktivstoff, in Wasser unlöslich, in Alkohol löslich. Seine chemische Zusammensetzung und Individualität ist nicht näher erforscht.

Scillipikrin ist eine gelbe bis rötlichgelbe, hygroskopische, wasserlösliche Substanz, die chemisch nicht näher charakterisiert wurde.

Scillitoxin ist eine harzartige, amorphe, bräunliche, in Wasser unlösliche und in Alkohol lösliche Substanz, die sich

in Schwefelsäure mit roter Färbung löst. Chemisch ist es nicht näher definiert.

Scillaren und Scillikardin sind zwei moderne, gebrauchsfertig gelieferte Scillapräparate, welche die kardiotonisch und diuretisch wirkenden Stoffe der Meerzwiebel enthalten. Über ihren Chemismus verlautet nichts.

281. **Scordiin** (Scordiumbitter) wurde von Winckler (776) beschrieben. Es wird aus dem Kraut von *Teucrium scordium* L. (Labiate) hergestellt und bildet ein amorphes, weißes Pulver von stark bitterem Geschmack. In kaltem Wasser ist es unlöslich, erteilt heißem Wasser aber bitteren Geschmack. In Alkohol ist es leicht, weniger in Äther löslich, stets mit neutraler Reaktion. In Schwefelsäure löst sich Scordiin mit rotbrauner Farbe, in Ammoniakflüssigkeit und Kalilauge mit gelber Farbe, die allmählich in Bräunlichgelb übergeht.

282. **Scrophularin.** Aus dem Kraut von *Scrophularia nodosa* L. (Scrophulariacee) erhielt Walz (777) angeblich einen Bitterstoff in kristallinischen Schuppen und aus *Scrophularia aquatica* L. einen solchen, der mit dem erstgenannten nicht identisch sein sollte. Dennoch nannte Walz beide Scrophularin. Koch (778) hat auf Grund seiner Nachprüfung der Walzschen Angaben die Existenz des Scrophularins bestritten.

283. **Scybalium**-Bitterstoff findet sich nach Peckolt (779) in den Knollen von *Scybalium fungiforme* Sch. et Endl. (Balanophoracee) in Mengen von 1,6 %. Man erhält ihn nach dem Kohleadsorptionsverfahren als amorphe, hellbraune Substanz, die sich leicht zu Pulver zerreiben läßt. Er ist in Wasser, Alkohol und Ätherweingeist leicht löslich, in absolutem Äther unlöslich. Die wässrige Lösung reagiert neutral und wird durch Quecksilberchlorid, Platinchlorid und Tannin gefällt. Auch das nicht näher charakterisierte Scybalin, eine in weißen Kristallnadeln kristallisierende Substanz, hat ausgesprochen bitteren Geschmack.

284. **Sennepikrin** wird von Ludwig und Stütz (780) als der Bitterstoff der Sennesblätter (alexandrinische Sennesblätter, vgl. unter Cathartin) angesprochen. In reinem Zustande bildet er eine amorphe, dem Jalapenharz gleichende, luftbeständige Masse, die sich zu einem gelblichen Pulver zerreiben läßt. Dieses löst sich leicht in Alkohol, wenig in Wasser, gar nicht in Äther. Die wässrige Lösung wird durch Tannin gefällt, durch Alkalien rötlich und durch Eisenchlorid grün gefärbt. Bei der Hydrolyse spaltet sich Sennepikrin in Zucker und ein aromatisch riechendes ätherisch-öliges Produkt. Sonach ist der Bitterstoff glukosidischer Natur.

285. **Serjania**-Bitterstoff. Peckolt (781) isolierte aus der Wurzelrinde von *Serjania ichthyoctona* Radlk. und den Blättern von *Serjania serrata* Radlk. (Sapindaceen) einen Bitterstoff, der nicht kristallinisch erhalten werden konnte. Er bildet eine gelbe Masse, die sich zu einem weißgelblichen Pulver zerreiben läßt. In Wasser, Alkohol, Amylalkohol und Chloroform ist er löslich und wird aus seiner Lösung durch Tannin, Quecksilberchlorid, Phosphormolybdänsäure und Mayers Reagens niedergeschlagen.

286. **Shikimin und Shikimipikrin.** In den Früchten von *Illicium religiosum* Sieb. = *Illicium anisatum* Lour. (Magnoliacee) sind zwei Bitterstoffe enthalten. Das Shikimin ist nach Eijkman (782) besonders in den Samenkernen enthalten. Es bildet harte Kristalle, die sich in kaltem Wasser schwer, leichter in heißem Wasser, ferner in Alkohol, Äther, Chloroform und Eisessig, aber nicht in Petroläther lösen. Shikimin schmilzt bei 175°, enthält keinen Stickstoff und ist kein Glukosid. Es wirkt toxisch. Das Shikimipikrin bildet große, farblose Kristalle vom Schmelzpunkt 200°, die sich in Wasser leicht mit neutraler Reaktion lösen. Seine Formel lautet $C_7H_{10}O_3$ oder $C_{10}H_{14}O_4$.

287. **Simaruba**-Bitterstoff. In der Rinde von *Simaruba amara* Aubl. = *Simaruba officinalis* D. C. = *Quassia simaruba* L. (Simarubacee) fand Gilling (783) einen Bitterstoff, der in farblosen Kristallen vom Schmelzpunkt 229—230° erhalten werden konnte. Als Formel berechnete der Autor $C_{22}H_{30}O_9$. Er ist optisch rechtsdrehend und löst sich leicht in absolutem Alkohol, Azeton, Pyridin, Eisessig und Methylalkohol, weniger in Chloroform. In Äther und Petroläther ist er unlöslich. Löst man etwas in konz. Schwefelsäure, so erhält man eine rotviolette Färbung, die allmählich in Braun übergeht.

288. Solanum-Bitterstoff. Schon im Jahre 1825 hat Vauquelin (784) in der Rinde von *Solanum pseudochina* St. Hil. (Solanacee) einen amorphen Bitterstoff gefunden, den er mit Colocynthin verglich. Es war eine braune Masse, die in Wasser und Alkohol löslich war und durch Tannin gefällt wurde. Er war stickstoffrei. Dieser Bitterstoff ist vielleicht identisch mit dem von Peckolt (785) in den frischen Blättern von *Solanum auriculatum* Ait. (Solanacee) gefundenen. Seine Ausbeute betrug 0,7 % gegenüber der Vauquelins von 0,8 %. Es war ein gelbliches Pulver, löslich in Alkohol, Methylalkohol und Wasser mit neutraler Reaktion, unlöslich in Äther, Chloroform und Petroläther. Peckolts Bitterstoff wurde ebenfalls durch Tannin gefällt. Ein Solanum-Bitterstoff ist auch das von Geißler (786) aus den Stengeln von *Solanum dulcamara* L. isolierte Dulcamarin. Es ist eine amorphe, in dünner Schicht gelbe Masse, die in Wasser und Alkohol löslich ist; auch in Essigäther ist es löslich, nicht hingegen in Äther, Chloroform, Benzol und Petroläther. In konz. Schwefelsäure löst es sich mit roter Färbung. Es ist glukosidischer Natur. Seine Formel ist $C_{22}H_{34}O_{10}$.

289. Soymidia-Bitterstoff. Aus der Rinde von *Soymidia febrifuga* Juss. = *Swietenia febrifuga* Roxb. = *Swietenia soymidia* Dunc. (Meliacee) isolierte Overbeck (787) einen amorphen Bitterstoff, auf den auch Juss und Broughton (788) hinwiesen. Er bildet eine dunkelgelbe extraktartige Masse, die in Wasser und Alkohol löslich, in Äther unlöslich ist. Die wässrige Lösung wird durch Säuren nicht gefällt, wohl aber durch Bleisubazetat in schmutzigweißen Flocken. Die Bleiverbindung kann auch durch Behandlung des Bitterstoffes mit Bleihydroxyd erhalten werden. Aus dieser Verbindung kann der Bitterstoff durch Schwefelwasserstoff wieder abgeschieden werden.

290. Sparattospermin. In den frischen Blättern von *Sparattosperma leucantha* Mart. = *Sp. lithontripticum* Mart. (Bignoniacee) fand Peckolt (789) nahezu 3 % Bitterstoff, das Sparattospermin. Es bildet feine, nadelförmige Kristalle von mattweißer Farbe, die sich in heißem Alkohol lösen. In Wasser, Chloroform und Petroläther ist es fast unlöslich, in Äther schwer löslich. In der Lösung bewirken nur Quecksilberchlorid und Mercuronitrat weiße Niederschläge, andere Alkaloidfällungsreagenzien, wie Tannin usw. geben keine Fällung. In Schwefelsäure färbt sich Sparattospermin gelb, dann braun und löst sich mit rotbrauner Färbung. In konz. Salpetersäure löst es sich farblos, die Lösung wird aber nach einigen Minuten grünschillernd, dann grün (mit violettem Schimmer), braun und nach einigen Stunden rosarot. Als Formel berechnete Peckolt $C_{19}H_{24}O_{10}$. Es schmilzt bei 245° und ist nicht glukosidischer Natur.

291. Spargin, der Bitterstoff aus den Samen von *Asparagus officinalis* L. (Liliacee) wurde von Reinsch (790) in kristallinischer Form isoliert. Er löst sich in Wasser mit neutraler Reaktion, ebenso in Alkohol, nicht hingegen in Äther. Seine wässrige Lösung wird durch Tannin nicht gefällt. Näher untersucht wurde Spargin bisher anscheinend nicht. Es ist nicht zu verwechseln mit Spargaurin, dem Farbstoff der Spargelbeeren, den Reinsch gleichfalls hergestellt hat.

292. Spergulin ist nach Harz (791) nur in den Samenschalen von *Spergula arvensis* L. (Caryophyllacee-Alsinoidee) enthalten. Es bildet eine amorphe, bräunliche Masse, nach dem Reinigen eine dunkelbraune pulverige Substanz, für die die Formel $C_5H_7O_2$ berechnet wurde. In Alkohol ist es leicht löslich, und die Lösung zeigt bei durchfallendem Licht eine schwach grünliche bis olivbraune Färbung, bei auffallendem Lichte aber eine intensive dunkelblaue Fluoreszenz. Ferner löst sich Spergulin in Methylalkohol, weniger in Amylalkohol, kaum in Petroleum und Äther. Es ist unlöslich in fetten Ölen, Benzin, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Wasser, Phenol und verdünnten Säuren. Charakteristisch ist seine blaue Farbe, mit der es sich in Schwefelsäure löst. Versetzt man die alkoholische Lösung mit minimalen Mengen Ammoniak oder Ätzalkalien, so erhält man eine prachtvoll smaragdgrün fluoreszierende Flüssigkeit, die nach kurzer Zeit ihre Fluoreszenz verliert und über Gelb und Dunkelviolett in Rot übergeht.

293. Spilanthin nannte Walz (792) einen aus den Blättern von *Spilanthes oleracea*

Jacq. (Composite) isolierten Körper, den er angeblich aus dem alkoholischen Extrakt mit Äther gewann und aus Alkohol umkristallisierte. Er bildete farblose, federartige Kristalle, die nicht weiter untersucht wurden. Später hat Buchheim (793) den scharfen Stoff der Parakresse mit Pyrethrin identifiziert, ohne hierfür analytische Beweise zu erbringen. Gerber (794) fand im ätherischen Extrakt der Parakresse nach Entfernung der flüchtigen Anteile einen Körper, den er Spilanthol nannte. Es ist eine rötlichbraun gefärbte Substanz von dicker Sirupkonsistenz, die einen brennenden und schwer zu beschreibenden Geschmack aufweist und dann ein Gefühl von Prickeln und Ameisenlaufen verursacht. Spilanthol löst sich in Alkohol, Äther, Azeton, Amylalkohol, Benzol, Ligroin, Chloroform und Eisessig, weniger in Petroläther. Es ist optisch inaktiv und besitzt die Formel $C_{37}H_{64}N_2O_3$.

294. **Stereospermum-Bitterstoff.** Die Rinde von *Stereospermum chelonoides, St. suaveolens* D. C,. *St. glandulosum* Miq., *St. hypostictcum* Miq. (Bignoniaceen) enthält nach Boorsma (795) einen stickstoffreien Bitterstoff. Er kristallisiert in kleinen farblosen Nadeln, löst sich in Alkohol, weniger in Wasser, Äther, Chloroform, Benzol und Petroläther. Durch Kochen mit Salzsäure wird er zuerst gelb und dann schwarz gefärbt. Vielleicht ist der Bitterstoff mit dem von Claassen (796) aus *Catalpa bignonoides* Walt. (Bignoniacee) isolierten Catalpin identisch. Dann müßte aber erst seine glukosidische Natur nachgewiesen werden.

295. **Streblid** (Streblin) ist der Bitterstoff aus der Rinde von *Streblus asper* Lour. (Moracee). Er bildet nach Vissier (797) und Greshoff (798) eine amorphe, gelbe Masse vom Schmelzpunkt 65—66°. In kaltem Wasser ist er reichlicher löslich als in heißem. Er löst sich ferner in Äther und Chloroform. In Schwefelsäure löst er sich braunrot, diese Färbung geht aber allmählich in Grün über. Beim Verdünnen mit Wasser schlägt sich ein grüner Körper nieder, der in Äther löslich ist und nach dem Verdunsten des Lösungsmittels als amorphe Substanz zurückbleibt. Streblid ist nach Vissier weder Alkaloid noch Glukosid. Es soll wie Antiarin toxisch wirken, identisch ist es aber mit diesem Glukosid nicht.

296. **Syringopikrin** ist nach Bley (799) und Kromayer (800) in den Blättern von *Syringa vulgaris* L. (Oleacee) enthalten. Es ist eine amorphe, schwach gelbliche, durchsichtige Masse, die sich leicht zu einem fast weißen Pulver zerreiben läßt. Es schmilzt unter 100°, reagiert schwach sauer und ist sehr bitter. In konzentrierter Schwefelsäure löst es sich mit grünlicher Färbung, die in Braun übergeht. Es ist in Wasser und Alkohol löslich und wird durch Tannin, nicht aber durch Bleisubazetat gefällt. Nicht näher untersucht.

297. **Tabernaemontana-Bitterstoff.** Aus den Blättern, Samen und der Rinde von *Tabernaemontana Salzmannii* D. C. (Apocynacee) isolierte Peckolt (801) neben dem Alkaloid Tabernaemontanin einen Bitterstoff, den er als amorphen, zu einem weißen Pulver zerreiblichen Körper beschreibt. Er löst sich in Wasser, Alkohol, Methyl- und Amylalkohol; in Äther, Essigäther, Petroläther, Chloroform und Ammoniakflüssigkeit ist er unlöslich. Die Lösung gibt Niederschläge mit Tannin, Quecksilberchlorid und Phosphormolybdänsäure.

298. **Tachinin.** Die Wurzelrinde von *Tachia guyanensis* Aubl. (Gentianacee) liefert nach Peckolt (802) 0,68% Bitterstoff, den der Autor »Tachinin« genannt hat. Es bildet eine transparente Masse, die sich zu einem bräunlichen Pulver zerreiben läßt. Etwas hellere, weißliche Farbe besaß der über die Quecksilberverbindung hergestellte Bitterstoff. Er löst sich in heißem Wasser, Alkohol, Azeton, Amylalkohol, Chloroform und Essigäther, wenig in Äther. In Petroläther und Benzol ist er unlöslich. Die Lösung in Azeton und Amylalkohol zeigt eine bläuliche Fluoreszenz, ähnlich der Chininbisulfatlösung. Die wässrige Lösung reagiert neutral und liefert mit Tannin, Bleisubazetat und anderen Alkaloidfällungsreagenzien Niederschläge.

299. **Tanacetin,** der Bitterstoff aus Samen, Kraut und Blüten von *Tanacetum vulgare* L. = *Chrysanthemum vulgare* Bernh. (Composite) wurde von Homolle (803), Homolle und Quevenne (804), Leroy (805) und Roder (806) als eine kristallinische Substanz beschrieben. Er bil-

det hiernach gelbliche, säulenförmige Kristalle, die in Wasser sehr wenig, in Alkohol und Äther reichlich löslich sind. In konzentrierter Schwefelsäure lösen sie sich mit hyazinthroter Farbe. Bei der Nachprüfung der Homolleschen Methode fand Leppig (807) zwar auch Kristalle, die sich aber als das Salz einer organischen Säure erwiesen. Der eigentliche Bitterstoff konnte nicht kristallinisch erhalten werden. Er bildet eine amorphe, braune, stickstoffreie Masse, die sich in Wasser und Alkohol, nicht in Äther löst. In konzentrierter Schwefelsäure löst er sich anfangs gelb, dann braun und nach kurzer Zeit nimmt die Lösung eine blutrote Färbung an. Der Rand der Flüssigkeit zeigt eine blaue Färbung. Die wässrige Lösung gibt mit Quecksilberchlorid, Mercurochlorid, Jodjodkalium, Silbernitrat, Phosphorwolframsäure, Kaliumwismutjodid, Bleiazetat, Phosphormolybdänsäure Niederschläge, mit Pikrinsäure und Platinchlorid Trübungen. Als Formel ergab sich $C_{11}H_{16}O_4$.

300. Tanghinin, der toxische Bitterstoff aus den Samen von *Tanghinia venenifera* Dupt. = *Tanghinia madagascariensis* Pet. Th. = *Cerbera tanghinia* Hook. (Apocynacee) ist nach Ollivier und Henry (808) ein in farblosen Schuppen kristallisierender Körper, der sich in Alkohol, Äther und Eisessig löst. Säuren und Alkalien färben gelb. Die alkoholische Lösung wird durch Blei-, Silber- und Quecksilbersalze gefällt. Arnaud (809) erzielte aus der Droge annähernd 1% Tanghinin in farblosen Rhomben vom Schmelzpunkt 182°. Die alkoholische Lösung ist optisch linksdrehend. Als Formel kommt $C_{27}H_{44}O_{10}$ in Betracht.

301. Taraxacin. Der kristallinische Bitterstoff aus *Taraxacum officinale* Wigg. = *Leontodon taraxacum* L. (Composite) wurde im Extrakt der Wurzel zuerst von Squire (810) beobachtet. Die erste Vorschrift zur Darstellung des Taraxacins aus dem Milchsaft der Pflanze stammt von Polex (811). Hiernach erhält man es in weißen Wärzchen, Sternchen oder Dendriten, die in Alkohol, Äther und kochendem Wasser leicht löslich sind. Sie sind stickstoffrei. Kromayer (812) erhielt den Bitterstoff aus dem getrockneten Milchsaft nur in amorpher Form, wenn er nach dem Bleisubazetatverfahren arbeitete, dagegen in Kristallen, wenn er den in heißem Wasser unlöslichen Teil des Milchsaftes (Leontodoniums) mit Alkohol extrahierte. Er gab dem Taraxacin die Formel $C_{40}H_{40}O_5$. Sayre (813) ging vom Fluidextrakt der Wurzel aus, reinigte dieses mit Bleiazetat und extrahierte das hierbei erhaltene Filtrat mit Chloroform. So erhielt er das Taraxacin in farblosen Kristallen.

Elborne und Wilson (814) machen darauf aufmerksam, daß die Wurzel im November die meisten Extraktivstoffe liefert, da diese aber im Frühling weit bitterer schmeckt, dürfte die Frühlingswurzel zur Herstellung des Taraxacins den Vorzug verdienen.

302. Tayuyin. In der Wurzel von *Trianosperma ficifolia* Mart. = *Cayaponia Martiana* Cogn. (Cucurbitacee) ist nach Yvon (815) ein Bitterstoff »Tayuyin« (0,24%) enthalten, eine grünlichgelbe, bittere Masse, die bei 49° schmilzt und in Wasser mit saurer Reaktion löslich ist. Sie löst sich auch in Alkohol und Alkalien. Nach Parodi (816) ist Tayuyin mit dem von Peckolt (817) aus derselben Wurzel gewonnenen Trianospermin identisch. Er übersieht dabei aber, daß Trianospermin kristallinisch ist und nicht zu den Bitterstoffen gerechnet wird, während Tayuyin ein amorpher Körper ist und schon im Jahre 1863 von Peckolt beschrieben wurde. Hiernach ist es eine amorphe, gelbe, hygroskopische Substanz von intensiv bitterem Geschmack, während das Trianospermin farblose, spießförmige Nadeln von beißendem Geschmack bildet. Tayuyin wird in wässriger Lösung durch Silbernitrat, Barytwasser, Tannin, Goldchlorid, Platinchlorid und Bleisubazetat gefällt. Von Eisenchlorid wird es dunkelrotbraun gefärbt.

303. Tephrosin aus den Blättern von *Tephrosia Vogelii* Hook. (Leguminose) bildet nach Hanriot (818) farblose, neutrale Kristalle vom Schmelzpunkt 187° und der Zusammensetzung $C_{31}H_{26}O_{10}$. Es ist in Wasser fast unlöslich, in Alkohol schwer und in Azeton und Chloroform leicht löslich. Bei der Oxydation liefert es nur Oxalsäure. Es ist giftig, aber nicht glukosidischer Natur.

304. Tiliadin, das Bräutigam (819) aus der frischen Rinde der Linde, *Tilia ulmifolia* Scop. und *T. platyphyllos* Scop. bzw. aus *Tilia parvifolia* und *T. grandifolia* Ehrh. (Tiliacee) hergestellt hat, gehört zu den Körpern, die zu den Bitterstoffen gerechnet werden, obwohl hierfür kein ausschlaggebender Grund vorhanden ist. Es besitzt keinen bitteren Geschmack. Nach Bräutigam bildet es farblose Plättchen von der Formel $C_{21}H_{32}O_2$ und dem Schmelzpunkt 228—229°. Es ist kein Glukosid und kein cholesterinartiger Körper und gegen chemische Agenzien im allgemeinen sehr indifferent. Wurde Tiliadin in schmelzendes Kaliumhydroxyd gebracht, so trat zunächst eine Bräunung der Kristalle auf, während das Kalihydrat sich anfangs rotviolett und beim weiteren Erwärmen blaugrün färbte. In Schwefelsäure löst sich Tiliadin mit roter Färbung.

305. Tinguaciba-Bitterstoff kann nach Peckolt (820) aus den Blättern des *Xanthoxylum tinguassuiba* St. Hill. (Rutacee) gewonnen werden, und zwar aus der Mutterlauge des kristallisierten Tinguacibins durch Ausschütteln mit Chloroform oder Amylalkohol. Er bildet eine firnisartige Masse, die sich zu einem gelblichen Pulver zerreiben läßt, stark bitteren Geschmack aufweist und in Wasser, Alkohol, Amylalkohol, Chloroform und Essigäther löslich ist. Die Lösung reagiert neutral und gibt mit Tannin, Quecksilberchlorid, Goldchlorid und Mayers Reagens Niederschläge.

306. Toddalia-Bitterstoff. In der Wurzel bzw. Wurzelrinde (Lopezwurzel) von *Toddalia aculeata* Pers. = *Paulinia asiatica* L. (Rutacee-Toddaloidee) ist nach Wittstein und Schnitzer (821) ein Bitterstoff enthalten, der von Schnitzer aber nur in amorphem Zustande isoliert werden konnte. Der Autor hält ihn selbst noch nicht für rein. Er kann nach dem Tanninverfahren gewonnen werden. Näher beschrieben wurde der Bitterstoff nicht.

307. Toxikodendronsäure hat Maisch (822) in den Blättern von *Rhus toxicodendron* L. (Anacardiacee) nachgewiesen und für den giftigen Bestandteil des Giftsumachs gehalten. Es ist eine flüchtige Säure, deren Chemismus nicht näher bekannt geworden ist. Der giftige Bestandteil des Sumachs ist es jedenfalls nicht, wie Pfaff (823) und andere nachgewiesen haben.

308. Trichosanthes-Bitterstoff. Die Früchte von *Trichosanthes palmata* Roxb. = *Trichosanthes pubera* Bl. (Cucurbitacee) enthalten nach Dymock (824) in Rinde und Pulpa einen amorphen Bitterstoff, der in Wasser und Alkohol, wenig auch in Äther löslich ist. Er wird durch Tannin gefällt und reduziert alkalische Kupferlösung. In Schwefelsäure löst er sich erst gelb, dann orangerot und purpurrot. Froehdes Reagens färbt erst orange, dann rötlichbraun und zuletzt grünlichbraun. Wie Dymock dazu kommt, diesem Bitterstoff den Namen »Trichosanthin« zu geben, ist unklar, denn Smith (825), den er selbst nennt, hat diese Bezeichnung für einen dem Chlorophyll nahestehenden Farbstoff gebraucht, der in der Pulpa der genannten Früchte enthalten ist. Auch Tschirch (826) gebraucht den Namen »Trichosanthin« nur für den Farbstoff, der mit dem Bitterstoff nichts zu tun hat.

309. Tubain nennt Wray (827) einen aus *Derris elliptica* Benth. (Leguminose) isolierten Bitterstoff, der nach der Reinigung eine weiße, kristallinische Masse darstellt, die nicht giftig wirkt. Dagegen ist das ungereinigte Tubain, das der Autor zu 9,42% aus der Droge gewann, eine spröde, rötlichbraune, harzartige Substanz, die für Fische giftig ist. Tubain löst sich in Alkohol, Äther und Chloroform, nicht aber in Wasser. In Salpetersäure löst es sich mit roter Farbe. Ob es mit Derrid (siehe dieses) identisch oder diesem chemisch nahestehend ist, sei dahingestellt.

310. Turnera-Bitterstoff. Über einen Bitterstoff aus den Blättern von *Turnera aphrodisiaca* Ward. (Turneracee), den sogenannten »Daminablättern«, berichtet Parsons (828). Es ist eine hellbraune, amorphe Substanz, weder Alkaloid noch Glukosid, die in Wasser und Alkohol löslich ist. In Äther, Benzol, Chloroform und Petroläther ist sie unlöslich.

311. Tussilago-Bitterstoff. Die Blätter von *Tussilago farfara* L. (Composite) sind als Bittermittel längst bekannt, wurden aber nur von Bley (829) und Bondurant (830) untersucht. Bley befaßte sich nur mit dem Destillat der vergorenen Blätter, während Bondurant mittels Äther

einen Bitterstoff extrahieren konnte. Es ist eine amorphe, weiße, bitter schmeckende Substanz, die wahrscheinlich glukosidischer Natur ist. Nach der Behandlung mit Salzsäure tritt ein starker eigentümlicher Geruch auf. Auch Nayle (831) hat im Huflattich einen Bitterstoff nachgewiesen.

312. **Urson** ist nach Trommsdorff (832) neben dem Arbutin in den Blättern von *Arbutus uva ursi* L. = *Arctostaphylos uva ursi* Spr. (Ericacee) enthalten. Rochleder und Tonner (833) fanden es auch in einer neuholländischen *Epacris*-Art (Epacridacee) und van Itallie (834) in den Blättern von *Empetrum nigrum* L. (Empetracee). Außer genannten Forschern berichten über das Urson noch Hlasiwetz (835), Gintl (836), Dodge (837) und Nooyen (838). Als Formel berechnete Hlasiwetz $C_{20}H_{17}O_2$, Rochleder $C_{20}H_{32}O_2$ und Nooyen $C_{30}H_{48}O_3 + 2\,H_2O$. Urson bildet hiernach farblose, seidenglänzende Nadeln, die bei 265° schmelzen, in Wasser unlöslich und in Alkohol und Äther schwer löslich sind. In Schwefelsäure löst es sich mit orangegelber, in Salpetersäure mit gelber Färbung. Die Lösung des Ursons in Essigsäureanhydrid wird auf Zusatz von etwas konzentrierter Schwefelsäure erst rot, dann violett und schließlich blau gefärbt.

313. **Valdivin** (Waldivin) ist nach Tanret (839) und Arata (840) der Bitterstoff aus den Früchten von *Simaba valdivia* Planch. (Simarubacee). Er bildet hexagonale Prismen von der Formel $C_{36}H_{48}O_{20} + 2\,H_2O$ und dem Schmelzpunkt 230°. In Wasser ist es schwer, in Alkohol und Chloroform leicht löslich, in Äther unlöslich. Valdivin ist angeblich ein Glukosid, weil es nach der Behandlung mit Alkalien Fehlingsche Lösung reduziert. Für seine glukosidische Natur müßten einwandfreiere Beweise erbracht werden. Es ist nach Restrepo (841) und Dujardin-Beaumetz (842) giftiger als Cedrin (siehe dieses), dürfte demnach mit diesem kaum identisch sein, wie zuweilen angenommen wird.

314. **Vallaris-Bitterstoff** wurde von Greshoff (843) in Rinde und Blättern von *Vallaris pergulana* Burm. (Apocynacee) gefunden. Er wird als eine amorphe, wasserlösliche Substanz beschrieben. Boorsma (843) berichtet auch, daß er in einer nicht näher bestimmten Vallaris-Spezies einen glukosidischen Bitterstoff angetroffen habe.

315. **Variolaria-Bitterstoff** hat Gregory (844) aus der auf Buchen wachsenden Flechte *Variolaria amara* Ach. (Pyrenolichenes) hergestellt. Er ist eine farblose, harzartige, kristallinische Substanz, die in Wasser fast unlöslich, in Alkohol und Äther löslich ist. Durch Ammoniakdämpfe wird diese in eine rote, nicht mehr bitter schmeckende Harzmasse verwandelt.

316. **Variolarin** ist nach Robiquet (845) der Bitterstoff aus *Variolaria dealbata* D. C. (Pyrolichenes). Er wird erhalten, wenn man den wasserunlöslichen Teil des alkoholischen Extraktes mit Äther auszieht und diesen verdunsten läßt. Aus Alkohol umkristallisiert bildet er farblose Nadeln, die in Alkohol und Äther löslich, in Wasser unlöslich sind. Sie werden weder durch Säuren noch durch Alkalien gefärbt.

317. **Vellarin** ist nach Lépine (846) der Bitterstoff aus den Blättern und Wurzeln von *Hydrocotyle asiatica* L. (Umbellifere). Angeblich enthalten die getrockneten Blätter 0,15% und die getrocknete Wurzel 1 % Vellarin, das eine blaßgelbe, dickflüssige Masse darstellt. Es reagiert neutral, bildet mit Wasser eine Emulsion und löst sich in Alkohol und Äther, auch in Ammoniakflüssigkeit, nicht aber in Kalilauge. Aus der ammoniakalischen Lösung wird es durch Säuren wieder abgeschieden. Vellarin wurde, wie die Droge, verschiedentlich gegen Lepra empfohlen (847). Mit dem Studium des Bitterstoffes selbst hat sich niemand mehr befaßt.

318. **Veratramarin** ist der Bitterstoff aus dem Rhizom von *Veratrum album* L. (Liliacee). Nachdem Flückiger die Beobachtung gemacht hatte, daß im Rhizom der Pflanze noch ein bitterer Stoff enthalten ist, wenn daraus die Alkaloide Veratrin und Jervin entfernt sind, untersuchte Weppen (848) dieses und fand den Bitterstoff Veratramarin in allerdings nur sehr geringen Mengen. Er ist kein Glukosid, wie zuweilen in der Literatur angegeben ist, aber er ist sehr leicht veränderlich bzw. zersetzlich, so daß die Annahme berechtigt erscheint, daß er schon bei der Bearbeitung des Rhizoms zum Teil

durch Zersetzung verloren geht. Der Bitterstoff ist eine amorphe, hellgelbe, intensiv bitter schmeckende Substanz, die sich leicht in Wasser und Alkohol löst. Sie ist an der Luft zerfließlich. In Äther, Petroläther, Benzol und Chloroform ist sie unlöslich.

319. **Verbascum-Bitterstoff** hat Latin (849) aus den Blättern von *Verbascum thapsus* L. (Scrophulariacee) durch Extraktion mit Alkohol, Behandeln des nach dem Verdampfen des Alkohols restierenden Rückstandes mit Wasser und dann mit Äther oder Chloroform hergestellt. Es war eine amorphe Substanz, weder Alkaloid noch Glukosid, löslich in Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform.

320. **Veronica-Bitterstoff** aus *Veronica officinalis* L. (Scrophulariacee) hat Enz (850) nachgewiesen, aber nicht näher beschrieben.

321. **Vernonin.** In der Wurzel von *Vernonia nigritiana* Oliv. et Hier. (Composite) ist nach Heckel und Schlagdenhauffen (851) ein glukosidischer Bitterstoff vorhanden, der als amorphes, weißes Pulver isoliert werden kann. Es löst sich in Wasser, Äther und Chloroform, in Schwefelsäure mit brauner, in Violett übergehender Färbung. Seine Formel ist $C_{10}H_{24}O_7$. Bei der Hydrolyse spaltet es sich in ein Harz, $C_4H_{10}O_3$, und Glukose. Damit dürfte der von Greshoff (852) aus dem Kraut von *Vernonia grandis* Boj. gewonnene Bitterstoff nicht identisch sein, da er nicht wie jener ein Herzgift ist. In seinem Äußeren und seiner Löslichkeit war er dem Vernonin ähnlich. Seine glukosidische Natur steht aber nicht fest.

322. **Vetiverin** nennt Peckolt (853) den Bitterstoff aus der Wurzel (genannt »Vetiver«) von *Andropogon squarrosus* L. = *Vetiveria zizanioides* St. = *Antropogon muriaticus* Retz. = *Vetivera odorata* Vir. (Graminee). Es wird erhalten, wenn die Wurzel mit Äther ausgezogen, der Äther verdunstet und der Rückstand mit Chloroform behandelt wird. Hierbei hinterbleibt das Vetiverin in Kristallen, die aus Alkohol umkristallisiert werden. Es bildet gelbliche Kristallblättchen, die in Wasser, Alkohol und Chloroform unlöslich, in absolutem Alkohol, Amylalkohol, Äther mit neutraler Reaktion löslich sind. Vetiverin ist stickstoffrei.

323. **Viburnin** wurde als Bitterstoff der Rinde von *Viburnum opulus* L. (Caprifoliacee) zuerst von Krämer (854) genannt. Damit identisch dürfte der von v. Allen (855) aus der Rinde von *Viburnum prunifolium* L. hergestellte Bitterstoff sein, von dem er selbst sagt, daß er die Eigenschaften des Viburnins aufweise. Dagegen kann auch die verschiedene Anwendung der Extrakte der beiden Pflanzenrinden nicht ins Feld geführt werden, wie sie von Sayre (856) beschrieben wird, da es ja nicht feststeht, daß Viburnin der einzig wirksame Bestandteil der genannten Caprifoliaceen ist. Weitere Mitteilungen liegen von Huchard (857) und Shennan (858) vor. Shennan hält den von ihm isolierten Bitterstoff nicht für ein Glukosid, es gibt aber mit einer Reihe von Alkaloidreagenzien Fällungen und Färbungen, womit selbstverständlich nicht bewiesen sein kann, daß es ein Alkaloid ist. Das von Holfert (859) besprochene Viburnin war ein Resinoid. Da Viburnin nur als amorphe braune Substanz hergestellt worden ist, kann von einem reinen Körper nicht die Rede sein.

324. **Xanthotoxin** wurde von Thoms (860) und Prieß (861) aus den Früchten und Fruchtschalen von *Fagaria xanthoxyloides* Lam. (Rutacee) und von Brandt (862) aus den Früchten von *Ruta chalepensis* Vill. (Rutacee) hergestellt. Es bildet farblose, rhombische Prismen vom Schmelzpunkt 145—146° und der Formel $C_{12}H_8O_4$. In Schwefelsäure löst es sich in der Kälte mit gelber, beim Erwärmen mit brauner Farbe. Es ist optisch inaktiv und wirkt giftig. Seine chemische Konstitution ist noch nicht ganz erforscht. Thoms hält es für ein Lakton, das eine Methoxy-Gruppe enthält, somit der Formel $C_{11}H_5O_3OCH_3$ entspricht.

325. **Xanthoxylin.** In einigen Rutaceen wurde ein Bitterstoff aufgefunden, der die Bezeichnung »Xanthoxylin« erhalten hat. Es liegt aber bis jetzt kein Beweis vor, daß die verschiedenen Pflanzen identische Xanthoxyline liefern, so daß man vorläufig berechtigt ist, vier verschiedene Xanthoxyline anzunehmen, die hier auch getrennt aufgeführt werden.

a) Xanthoxylin mit der Formel $C_{10}H_{12}O_2$ und dem Schmelzpunkt 80° hat Stenhouse (863) aus den Früchten

von *Xanthoxylon piperitum* D. C. isoliert. Er bildet farblose tafelförmige Kristalle, die mit Wasserdämpfen flüchtig sind und sich deshalb im Destillat der Früchte vorfinden. Sie lösen sich in Alkohol und Äther, in Wasser sind sie unlöslich. Xanthoxylin reagiert neutral und scheint keine basischen Eigenschaften zu besitzen, es ist auch ganz stickstoffrei.

b) Xanthoxylin mit der Formel $C_{15}H_{14}O_4$ oder $C_{14}H_{11}O_3OCH_3$ und dem Schmelzpunkt 132,5° hat Gordin (864) aus der Rinde von *Xanthoxylon fraxineum* Willd. gewonnen. Es bildet weiße Nadeln, die in Wasser fast unlöslich, in Alkohol löslich sind. In Schwefelsäure löst es sich mit roter Farbe. Seine alkoholische Lösung wird durch Kalilauge gelblich gefärbt, durch Säuren wieder entfärbt. Die wässrige Lösung nimmt an der Luft eine bläuliche Fluoreszenz an, die durch Alkalien verstärkt, durch Säuren abgeschwächt wird. Gordin schlägt vor, dieses Xanthoxylin mit »Xanthoxylin N« zu bezeichnen. Bemerkt sei, daß vor Gordin über dieses Xanthoxylin von Staples (865), Witte (866) und Lloyd (867) berichtet worden ist. Im Xanthoxylin N vermutet Dodge (868) ein niedrigeres Homologes des Bergaptens, $C_{12}H_8O_4$, das in derselben Pflanze vorkommt.

c) Xanthoxylin von der Formel $C_{14}H_{12}O_4$ oder $C_{21}H_{18}O_6$ und dem Schmelzpunkt 119—120° hat Gordin nach Vorgang von Colton (869) und Eberhardt (870) aus der Rinde von *Xanthoxylon carolineanum* Lam. hergestellt. Es ist wahrscheinlich das Homologe des Xanthoxylin N, enthält aber keine Methoxy-Gruppe. Es bildet farblose Nadeln, die in heißem Wasser, Alkohol, Äther und Chloroform löslich sind. In Schwefelsäure löst es sich mit dunkelroter Färbung. Beim Verdünnen dieser Lösung mit Wasser scheidet sich ein in Chloroform unlöslicher purpurfarbiger Niederschlag aus. Löst man Xanthoxylin in konz. Salpetersäure, so erhält man eine gelbe Lösung, aus der sich beim Verdünnen mit Wasser ein gelblicher Niederschlag ausscheidet. In Alkalien löst sich dieser allmählich mit roter Farbe. Dieses Xanthoxylin will Gordin mit »Xanthoxylin S« bezeichnet wissen.

d) Xanthoxylin mit der Formel $C_{14}H_{14}O_4$ und dem Schmelzpunkt 123°, aus der Wurzelrinde von *Xanthoxylon senegalense* D. C. beschreiben Giacosa und Soave (871). Es bildet farblose Prismen, die in Äther, Petroläther und Chloroform löslich sind, namentlich beim Erwärmen. In Schwefelsäure löst es sich mit dunkelroter Färbung. Schichtet man eine Lösung des Xanthoxylins in Chloroform über konz. Schwefelsäure, so entsteht ein purpurroter Ring.

326. Xylostein ist nach Hübschmann (872) der Bitterstoff aus den Beeren von *Lonicera xylosteum* L. (Caprifoliacee). Es bildet farblose, schwach bitter schmeckende Nadeln von neutraler Reaktion, die bei 100° schmelzen. In kaltem Wasser löst es sich schwer, leichter in siedendem Wasser, in Alkohol und Äther. In konz. Schwefelsäure löst es sich mit brauner Färbung. Nach Enz (873) soll Xylostein glukosidischer Natur sein.

327. Zinnia-Bitterstoff. Aus den Blättern von *Zinnia linearis* Benth. (Composite) isolierte Boorsma (874) einen Bitterstoff, der eine amorphe, gummiartige, gelbliche Masse darstellte. Die Ausbeute betrug 1%. Der Bitterstoff löst sich wenig in kaltem, besser in heißem Wasser, ferner in Alkalien. Aus der alkalischen Lösung wird er durch Säuren wieder abgeschieden. Glukosidischer Natur ist er nicht.

IV. Literatur.

1. Kobert, Histor. Studien, Pharmakol. Inst. Dorpat **2** (1890), 181.
2. Keegan, Chemical News **108** (1913), 61.
2a. Sternberg, Engelmanns Archiv f. Anatom. u. Physiol. (1898), physiol. Abt. 451 (Leipzig); Ztschr. d. Ver. f. Rübenzucker-Ind. (1899), 376.
3. Mein, Ann. d. Chemie **8** (1833), 61.
4. Leonardi, Osservazioni ed esperienze del Dottor Lupis sopra la virtù antifebrile del' estratto amarissimo d'assenzio. Milano (1828).
5. Caventou, Brandes Archiv Pharm. **29** (1828), 167.
6. Luck, Ann. d. Chemie **54** (1845), 112; **78** (1851), 87.
7. Righini, Journ. Chim. méd. **19** (1843), 383

8. Poppe, Ztschr. f. Pharmazie **9** (1857), 135.
8a. Benemann, Archiv d. Pharmazie **143** (1858), 4.
9. Kromayer, Archiv d. Pharmazie **158** (1861), 129.
10. Landerer, Archiv d. Pharmazie **160** (1862), 132.
11. Tichanowitsch, Ztschr. f. Chem. u. Pharm. **15** (1863), 197.
12. Schoonbrodt, Viertelj.-Schr. prakt. Pharm. **18** (1869), 73.
13. Höche, Viertelj.-Schr. gerichtl. Medizin **11** (1869), 141, 262.
14. Enders, Viertelj.-Schr. prakt. Pharm. **19** (1870), 53.
15. Hoffstedt, Upsala Läkareför. Verhandl. **7** (1873), 431.
16. Kubicki, Pharmaz. Ztschr. f. Rußland **12** (1873), 449.
17. Almén, Upsala Läkareför. Verhandl. **10** (1875), 353.
18. Wittstein, Archiv d. Pharmazie **6** (1875), 25.
19. Roux, Bullet. général de Thérap. (1884), 438.
20. Allen, The Analyst (1887), 107.
21. Senger, Archiv d. Pharmazie **230** (1892), 94.
22. Bourcet, Bullet. Soc. Chim. Paris **19** (1898), 537.
23. Malacarne, Giorn. Farm. Chim. **59** (1910), 160.
24. Adrian-Trillat, Bullet. Soc. Chim. Paris **21** (1899), 234; Compt. rend. acad. sc. **128** (1899), 115.
25. Rochleder, Wiener Sitz.-Ber. d. Akad. **57** (1868), 222; Ztschr. f. Chemie **4** (1868), 728.
25a. Schmidt, Pharm. Chemie (1923), II, 2094.
26. Zanon, Memorie dell' istit. veneto di scienze ed arti **5** (1845), 11; Ann. d. Chemie **58** (1846), 21.
27. Planta, Ann. d. Chemie **155** (1870), 153.
28. Faust, Archiv d. Pharmazie **181** (1867), 214.
29. Thoms, ebenda **224** (1886), 465; Dissertat. Erlangen 1886; Ann. d. Chemie **242** (1887), 257.
30. Geuther, Ann. d. Chemie **240** (1887), 92; **242** (1887), 260.
31. Walz, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **24** (1852), 100; 242; **27** (1853), 1.
32. Trommsdorff, Mercks Wissenschaftl. Abhandl. Nr. 23.
33. Martius, Buchners Repert. Pharm. **91** (1846), 92.
34. Schoonbrodt, Viertelj.-Schr. prakt. Pharmazie **13** (1863), 227.
35. Fleury, Compt. rend. acad. sc. **70** (1870), 53.
36. Masing, Archiv d. Pharmazie **206** (1875), 111.
37. Jahns, Archiv d. Pharmazie **221** (1883), 260.
38. Schmieder, Archiv d. Pharm. **224** (1886), 661.
39. Körner, Ber. d. pharm. Ges. **12** (1902), 64.
40. Thoms-Vogelsang, Ann. d. Chemie **357** (1907), 145.
41. Gaubert, Compt. rend. acad. sc. **168** (1919), 277.
42. Siedler-Winzheimer, Ber. d. pharm. Ges. **12** (1902), 64.
43. Tunmann, Apoth.-Ztg. **29** (1914), 120.
44. Meßner, Mercks Wissenschaftl. Abhandl. Nr. 23, 10.
45. Hofmeister, Archiv exper. Pathol. **25** (1889), 189.
46. Peckolt, Archiv d. Pharmazie **192** (1870), 34.
47. Geuther, Chem. Ztrbl. (1870), 503.
48. Meßner, Mercks Wissenschaftl. Abhandl. Nr. 36, 113.
49. Boorsma, Mededeelingen uit's Lands Plantent. te Buitenzorg **13** (1894), 11.
50. Merck, Mercks Jahresber. (1895), 11.
51. Franchimont, Recueil d. trav. chim. des Pays-Bas **18** (1899), 334; **19** (1900), 350.
52. Peckolt, Archiv d. Pharmazie **192** (1870), 43.
53. Frenzel, Archiv d. Pharmazie **23** (1840), 173.
54. Hartwich-Dünnenberger, ebenda **238** (1900), 347.
55. Braconnot, Ann. de chim. et de phys. **68**, 24.
56. Buchner, Neues Repertor. **94** (1846), 373.
57. Robiquet, Journ. Pharm. Chim. **10** (1846), 167; **29** (1856), 241.
58. Winckler, Trommsdorffs neues Jahrb. d. Pharmazie **22** (1831), 67.
59. Smith, Chemical Gazette (1851), 107; Journ. de pharm. et de chim. **19** (1851), 275.
60. Léger, Comptes rend. de l'acad. des sciences **125** (1897), 185; **127** (1898), 234; **128** (1899), 1401; **131** (1900), 55; **134** (1902), 1584; **145** (1907), 1179; **150** (1910), 983; **153** (1911), 114; **155** (1912), 172; **161** (1915), 133; Bull. Soc. Chim. Paris **21** (1899), 668, 673; **23** (1900), 785; **27** (1902), 756; Journ. Pharm. Chim. **15** (1902), 519; **17** (1903), 13; **20** (1904), 145; **25** (1907), 476, 513; **1** (1910), 528; **2** (1910), 145; **4** (1911), 241; **6** (1912), 241; **9** (1914), 273; Ann. de Chim. **6** (1916), 318; **8** (1917), 265.
61. Oesterle-Riat, Schweiz. Woch. f. Chem. u. Pharm. **47** (1909), 717.
62. Robinson-Simonsen, Journ. Chem. Soc. London **95** (1909), 1085.
63. Briggs, Journ. Amer. Pharm. Soc. **12** (1923), 774.
64. Flückiger, Schweiz. Woch. f. Chem. u. Pharm. (1870), 331.
65. Groenewold, Diss. Marburg 1889.
66. Tilden, Chem. News **35** (1877), 273; Journ. Chem. Soc. London **32** (1877), II, 264.
67. Tschirch, Schweiz. Woch. f. Chem. u. Pharm. **43** (1905), 153; Archiv d. Pharmazie **236** (1898), 200; **243** (1905), 399.
68. Bayer, Chem. Ztrbl. 1911, I, 1264; Bolland, Anzeig. d. Akad. d. Wiss. Krakau (1907), 441; Diefenbach-Meyer, Chem. Ztrbl. 1909, I, 1523; Dietrich, Diss. Dorpat 1885; Dragendorff-Dietrich, Pharm. Ztschr. f. Rußland **25** (1886), 290; Gräbe-Liebermann, Ber. d. deutschen chem. Ges. **1** (1868), 105; Groves, Journ. Pharm. Chim. **31** (1857), 367; Jowezt-Potter, Journ. Chem. Soc. London **87** (1905), 878; Klaveness, Diss. Bern 1901; Kondracki, Diss. Dorpat 1874; Kosmann, Journ. Pharm. Chim. **40** (1861), 177; Meyer, Archiv f. exper. Path.

28 (1891), 186; Oesterle, Archiv d. Pharmazie **237** (1899), 81; Oesterle-Babel, Schweiz. Woch. f. Chem. u. Pharm. **42** (1904), 329; Orlowsky, Ztschr. f. analyt. Chem. **5** (1866), 309; Schaer, Archiv d. Pharmazie **243** (1905), 198; Schmidt, Archiv d. Pharmazie **208** (1876), 496; Schunck, Ann. d. Chem. **39** (1841), 1; Seel, Ber. d. deutschen chem. Ges. **33** (1900), 3212; **50** (1917), 758; Sell, Chem. Ztrbl. 1902, II, 1022; Shenstone, Pharm. Journ. (1882), 461; Stenhouse, Ann. d. Chemie **77** (1851), 208; Stoeder, Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie **11** (1899), 33; Trommsdorff, Neues Jahrb. d. Pharmazie **14**, 27; Wellcome, Americ. Journ. of Pharmacy (1874), 305; Woodruff, Pharm. Journ. (1889), 773; Zimmer, Chem. Ztrbl. 1911, I, 180; Tutin-Naunton, Pharm. Journ. **37** (1913), 836; Engelhardt-Crosbie, Journ. Americ. Pharm. Assoc. **12** (1923), 680.

69. Putegnat, Beckurts Jahresber. **43** (1883/84), 297; Chem. Ztg. (1883), 52.
70. Schwab, Americ. Journ. of Pharmacy **62** (1890), 272.
71. Boorsma, Beckurts Jahresber. **39** (1879), 17, 43.
71a. Barth-Kretschy, Monatsh. f. Chemie **1** (1880), 99.
72. Peckolt, Archiv d. Pharmazie **146** (1858), 37.
72a. Hiller-Bombien, Diss. Dorpat 1890.
73. Plugge, Recueil Trav. Chim. Pays-Bas **1** (1882), 224; **4** (1886), 422; Archiv d. Pharmazie **221** (1883), 1, 813; **222** (1884), 905; **223** (1885), 905; **227** (1889), 164; **229** (1891), 552.
74. Eijkman, Recueil Trav. Chim. Pays-Bas **1** (1882), 224.
75. Parkinson, Pharm. Journ. **13** (1884), 540.
76. Lasché, Pharm. Rundsch. N. Y. **7** (1889), 208.
77. Zaayer, Diss. Groningen 1886; Archiv f. ges. Physiol. **40** (1887), 480.
77a. Beckurts-Nehring, Archiv d. Pharmazie **229** (1891), 614; Beckurts Jahresber. **51** (1891), 498.
77b. Greshoff, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **25** (1898), 126.
78. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **31** (1899), 80; Beckurts Jahresber. 60 (1900), 6.
79. Moore, Journ. Chem. Soc. Transact. **95** (1909), 745.
80. Finnemore, Proceed. Chem. Soc. **25** (1909), 77.
81. v. Oefele, Journ. d. Pharmazie v. Elsaß-Lothringen **18** (1891), 325; vgl. Mercks Jahresber. (1911), 85.
82. Schloßberger-Döpping, Ann. d. Chemie **50** (1844), 196; Chem. Ztrbl. (1844), 673.
83. Kubly, Pharm. Ztschr. f. Rußland **24** (1885), 198.
84. Tschirch-Heuberger, Archiv d. Pharmazie **240** (1902), 596.
85. Peckolt, Pharm. Rundsch. N. Y. **11** (1893), 181; Beckurts Jahresber. **53** (1893), 49.
86. Pohl, Archiv f. experim. Pathol. **29** (1892), 282.
87. Hesse, Archiv d. Pharmazie **233** (1895), 684; Beckurts Jahresber. **55** (1895), 32.
88. Walz-Winckler, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **19** (1849), 71.
88a. Chevallier-Feneulle, Journ. Pharm. Chim. **5** (1819), 565.
89. Lebourdais, Annales de chim. et de phys. **24** (1848), 58; Ann. d. Chemie **67** (1848), 254.
90. Pavesi, Jahresber. über d. Fortschr. d. Chemie (1859), 584.
91. Walz, Neues Jahrb. d. Pharmazie **14** (1860), 79; **15** (1860), 329; Archiv d. Pharmazie **156** (1861), 1.
92. Börner, Diss. Erlangen 1892.
93. Jahns, Ber. d. deutschen chem. Ges. Berlin **26** (1893), 1496.
94. Mai, Chem. Ztg. **22** (1898), 203.
95. Freund-Mai, Ber. d. deutschen chem. Ges. **34** (1901), 3717.
96. Horst, Chem. Ztg. **26** (1902), 203.
97. Bertele, Atti Reale Accad. Lincei Roma **10** (1901), II, 111; **11** (1902), I, 486; **12** (1903), II, 273; Gazz. chim. ital. **34** (1904), II, 322; **35** (1905), II, 235; **38** (1908), I, 554; **41** (1911), I, 705; **50** (1920)), I, 109, 114.
97a. List, Ann. d. Chemie **69** (1849), 127.
97b. Warden-Waddel, Americ. Journ. of Pharmacy **57** (1885), 165.
98. Schnedermann-Winckler, Ann. d. Chemie **51** (1844), 315.
99. Hlasiwetz-Weidel, ebenda **174** (1874), 67.
100. Schmidt, Archiv d. Pharmazie **236** (1898), 664.
101. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **13** (1903), 1; Beckurts Jahresber. **63** (1903), 5.
101a. Tanret, Compt. rend. de l'acad. des sciences 102 (1886), 1518; Journ. Pharm. Chim. **13** (1886), 304.
102. Kubly, Pharm. Ztschr. f. Rußland **5** (1866), 160; Neues Repert. d. Pharmazie **15** (1866), 295.
103. Faust, Archiv d. Pharmazie **187** (1869), 8; Ann. d. Chemie **165** (1872), 229.
104. Cornish, Indian Annales Med. Sciences **4** (1857), 104; Pharm. Ztschr. f. Rußland **26** (1887), 595; Dragendorffs Jahresber. d. Pharmazie **34** (1874), 174; **47** (1878), 104.
105. Piddington, vgl. Beckurts Jahresber. **57** (1899), 145.
106. Landerer, Canstatts Jahresber. d. Pharmazie **4** (1854), 57.
107. Broughton, Pharm. Journ. Transact. **3** (1873), 992; Jahresber. d. Pharmazie **33** (1873), 158; **34** (1874), 174.
108. Anderson, Chem. News **34** (1876), 222; Journ. Chem. Soc. **2** (1876), 582.
109. Peckolt, Archiv d. Pharmazie **157** (1861), 162.
109a. Enz, Vierteljahresschr. f. prakt. Pharmazie **19** (1870), 1.
110. Garreau-Machelart, Compt. rend. de l'acad. des sciences **91** (1880), 942.
111. Morelle, ebenda **93** (1882), 646.
112. Lowitz, Crells Annalen **2** (1788), 312.
113. Hünefeld, Journ. prakt. Chem. **7** (1836), 53.

114. Masson, Sillimans Americ. Journ. **20** (1838), 282.
115. Heß, Ann. d. Chemie **29** (1839), 135.
116. Stähelin-Hofstetter, Ann. d. Chemie **51** (1844), 79.
117. Beilstein-Wileschinsky, Ber. d. deutschen chem. Ges. **9** (1876), 1442, 1810.
118. Hausmann, Ann. d. Chemie **182** (1876), 368.
119. Paternò-Spica, Gazz. chim. ital. **7** (1878), 508.
120. Franchimont, Ber. d. deutschen chem. Ges. **12** (1879), 7.
121. Wheeler, Pharm. Journ. **10** (1879), 494.
122. Grasser, Collegium (1911), 393.
123. Traubenberg, Journ. Russ. Phys.-Chem. Ges. **44** (1912), 132, 1202.
124. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **19** (1909), 194.
125. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 77.
126. Heckel-Schlagdenhauffen, Journ. Pharm. Chim. **14** (1886), 115; vgl. auch Mercks Jahresber. (1899), 161; Nouveaux remèd. **2** (1886), 122.
127. Peckolt, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **14** (1876), 289; Jahresber. d. Pharmazie **36** (1876), 217.
128. Eyken, Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie **3** (1891), 276.
129. Power, Pharm. Journ. **17** (1903), 183; **25** (1907), 126.
130. Salway-Thomas, Compt. rend. de l'acad. des sciences **143** (1907), 1249.
130a. Holmes-Finnemore, Pharm. Journ. **30** (1910), 26.
131. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 180.
132. Geiger, Diss. Heidelberg 1818.
133. Fielke, Americ. Journ. of Pharmacy **58** (1891), 477; Pharm. Ztg. (1891), 764.
134. Winckler, Buchners Repertorium **32** (1843), 20.
135. Hesse, Ber. d. deutschen chem. Ges. **11** (1878), 1542; Jahresber. d. Pharmazie **38** (1878), 136.
136. Vogl, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **9** (1871), 773.
137. Henry, Journ. de Pharmacie **6** (1819), 480.
138. Petroz-Robinet, ebenda 8 (1824), 197.
139. Meyer-Reiche, Ann. d. Chemie **47** (1843), 234.
140. Petroz, Robinet, Boullay, Canstatts Jahresber. (1860), 66.
141. Caventou, Journ. Pharm. Chim. **35** (1859), 189.
142. Hay, Edinbourg Med. Journ. (1883), 1079; Beckurts Jahresber. **43/44** (1883/84), 195.
143. Peckolt, Americ. Journ. Pharmacy **12** (1882), 134; Pharm. Journ. Transact. **12** (1882), 614.
144. Hesse, Ann. d. Chemie **202** (1880), 150.
145. Gilpin, Pharm. Journ. **56** (1896), 244.
146. Dohme, Americ. Druggist and Pharm. Record 1898 durch Jahresber. d. Pharmazie **58** (1898), 184.
147. Duval, Gerhardts Traité de Chimie IV, 279, zitiert von Mylius; Journ. de Pharmacie 8 (1845), 91.
148. Tuson, zitiert von Mylius.
149. Mylius, Ber. d. deutschen chem. Ges. **6** (1873), 1051; Archiv d. Pharmazie **203** (1873), 314.
150. Naylor-Littlefield, Pharm. Journ. Transact. **57** (1896), 95.
151. Allessandri, Pharm. Ztschr. f. Rußland **21** (1882), 987.
152. Landerer, Repert. f. d. Pharmazie **54** (1835), 90.
153. Schneegans, Jahresber. d. Pharmazie **57** (1897), 247.
154. Brown, Americ. Journ. of Pharmacy **54** (1887), 230.
155. Claassen, Americ. Chemic. Journ. **10** (1888), 328.
156. Feneulle-Lassaigne, Annales Chim. Phys. **16** (1824), 58.
157. Bernath, Jahresber. d. Pharmazie **4** (1844), 475.
158. Bley-Diesel, Archiv d. Pharmazie **55** (1848), 258.
159. Martius, Monographie der Sennesblätter 1857. Leipzig.
160. Winckler, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **19** (1849), 263.
161. Andrade u. Peckolt, vgl. Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 316—317.
162. Gubler, Bullet. général de thérapeut. **48** (1878), 380.
163. Lewy, Journ. de Chim. méd. (1851), 282; Compt. rend. de l'acad. des sciences **32** (1851), 510; Journ. Chim. Pharm. **19** (1851), 335. Vgl. Gilling, Pharm. Journ. **27** (1908), 30, 103.
164. Rabot-Charsai, Beckurts Jahresber. d. Pharmazie **27** (1882), 189.
165. Merck, Jahresber. (1888), 55. Vgl. auch Mercks' wissenschaftl. Abhandl. Nr. 22, 26.
166. Stieren, Archiv d. Pharmazie **23** (1885), 398; Pharm. Journ. Trans. **15** (1885), 638.
167. Caventou, Journ. de Chim. méd. **5** (1850), 673.
168. Dymock, Pharmacographia indica 1890, I, 343.
169. Mosso, Chem. Ztrbl. 1891, II, 390.
170. Hattan, Americ. Journ. of Pharmacy **46** (1874), 310.
171. Claassen, Pharm. Rundsch. N. Y. **7** (1889), 131.
172. Mohrberg, Arbeiten aus d. pharmakol. Inst. Dorpat 8 (1892), 20.
173. Hesse, Ann. d. Chemie **119** (1861), 365.
174. de Vrij, Sitzungsber. d. Wiener Akad. v. 14. Jan. 1884; Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie (1884), 138; Recueil Trav. Chim. d. Pays-Bas **3** (1884), 167.
175. Plugge, Archiv d. Pharmazie **231** (1893), 10.
176. Greshoff, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 3545; Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 215.
177. Merck, Mercks wissenschaftl. Abhandl. Nr. 8, 2. Aufl. 60.
178. Herrera, Pharm. Journ. **7** (1877), 854.
179. Bonastre, Annales Chim. Phys. **59**, 17.
180. Boussingault, ebenda **11** (1835), 19; Chem. Ztrbl. (1835), 716.
181. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **19** (1909), 305.
182. Berzelius, vgl. Mercks wissenschaftl. Abhandl. Nr. 26, 23.

183. Hansteen, Chem. Ztg. **30** (1906), 638.
184. Poulson, Festschr. f. Hammarsten, Christiania 1906.
185. Berzelius, vgl. Hagens Arzneistoffe (1863), 145. Leipzig.
186. Rigatelli, Dierbachs Materia medica **1** (1837), 229; **2** (1843), 314.
187. Herberger, Ann. d. Chemie **21** (1837), 137.
188. Knop-Schnedermann, Ann. d. Chemie **54** (1845), 143; **55** (1845), 156.
189. Hilger-Buchner, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 463.
190. Zopf, Ann. d. Chemie **300** (1898), 323.
191. Hesse, Journ. prakt. Chemie **58** (1898), 502; **62** (1900), 344; **68** (1903), 38; **70** (1904), 472; **73** (1906), 144.
192. Simon, Archiv d. Pharmazie **240** (1902), 321; **244** (1906), 459.
193. Weiß, Archiv d. Pharmazie **226** (1888), 681.
193a. Probst, Ann. d. Chemie **29** (1839), 128.
194. Fairbank, Americ. Journ. of Pharmacy **32** (1860), 254; Canstatts Jahresber. 1860, 32.
195. Peacock, Americ. Journ. of Pharmacy **64** (1892), 295; Jahresber. d. Pharmazie **52** (1892), 84.
196. Ridenour, Americ. Journ. of Pharmacy **67** (1895), 243.
197. Beshore, ebenda **59** (1887), 125; Archiv d. Pharmazie **25** (1887), 594.
198. Flückiger-Höhn, Schweizer Woch. f. Chem. u. Pharm. 1869; Buchners Repert. f. Pharmazie **18** (1869), 672; Archiv d. Pharmazie **189** (1869), 217.
199. Hooper, zitiert von Holmes, Pharmaceut. Journ. **20** (1890), 660.
200. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **31** (1899), 93; Beckurts Jahresber. **60** (1900), 6.
201. Piccard, Ber. d. deutschen chem. Ges. **6** (1873), 884, 890; **10** (1877), 176.
202. Kostanecki, Ber. d. deutschen chem. Ges. **26** (1893), 2901.
203. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 45.
204. van Ankum, Journ. f. prakt. Chemie **105** (1868), 162.
205. Böhm, Archiv f. exper. Pathol. **5** (1876), 279.
206. Pohl, ebenda **34** (1894), 259.
207. Takayama, Mitteil. d. med. Ges. Tokio **17** (1903), 2.
208. Finnemore, Pharmaceut. Journ. **29** (1909), 145; **31** (1910), 142.
209. van der Espt, Journ. méd. Bruxelles (1871), 30.
210. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **6** (1896), 96.
211. Winckler, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **10** (1849), 71.
212. Frickinger, Repert. d. Pharmazie **7** (1851), 1.
213. Walz, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **27** (1853), 65; Chem. Centralbl. (1853), 492.
214. Nativelle, Compt. rend. acad. sc. **15** (1842), 808; Journ. Chim. méd. **21** (1842), 69.
215. Scribe, Compt. rend. acad. sc. **15** (1842), 802.
216. Poppe, Ztschr. f. Pharmazie **9** (1857), 135.
217. Morin, Journ. Chim. méd. **3** (1824), 105.
218. Bouchardat, Compt. rend. acad. sc. **18** (1844), 301.
219. Schwander, Diss. Erlangen 1894.
220. Keegan, The Naturalist **28** (1903), 229.
221. Meßner, Pharmazeut. Ztrh. **66** (1925), 180.
222. Casselmann, Diss. Petersburg 1870; Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **9** (1870), 289.
223. Löwenhardt, Ann. d. Chemie **222** (1884), 353.
224. Barth-Kretschy, Monatsh. f. Chemie **1** (1880), 99.
224a. Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien III, 5 (1897), 423.
224b. Reuss, Kastners Archiv f. Chem. u. Meteorologie **8** (1835), 251; Buchners Repert. Pharmazie **50** (1835), 210; **52** (1835), 71.
225. Planchon, Journ. Pharm. Chim. **30** (1879), 408.
226. Elborne-Wilson, Pharmaceut. Journ. **15** (1885), 831.
227. Soubeiran, Journ. Pharm. Chim. **16** (1887), 97; Archiv d. Pharmazie **225** (1887), 885.
228. Hermbstädt, Berl. Jahrb. f. Pharmazie **32** (1832), 8, 61.
229. Wittstock, Poggend. Ann. **19** (1830), 298.
230. Lebourdais, Ann. Chim. Phys. **24** (1848), 63.
231. Bödecker, Ann. d. Chemie **69** (1849), 37.
232. Buchner, Repert. d. Pharm. **37** (1831), 418.
233. Paternó-Oglialoro Gazz. chim. ital. **9** (1879), 64.
234. Hilger, Ztschr. österr. Apoth.-Ver. **33** (1895), 8.
235. Rose, Poggend. Ann. **19** (1830), 441.
236. Schmemann, Diss. Erlangen 1892.
237. Liebig, Poggend. Ann. **21** (1831), 30.
238. Ulrich, Ztschr. österr. Apoth.-Ver. **45** (1907), 87.
239. Frey, Ann. d. Chemie **351** (1907), 372.
240. Duquesnel, Journ. Pharm. Chim. **13** (1886), 615.
241. Bocchiola, Annali Chim. Farmacol. **12** (1890), 188.
242. Feist, Ztschr. österr. Apoth.-Ver. **45** (1907), 137.
243. Kremel, Pharm. Post **20** (1887), 522.
244. Bödecker, Ann. d. Chemie **69** (1849), 47.
245. Feist, Archiv d. Pharmazie **245** (1907), 597, 628.
246. Tschirch-Brüning, Archiv. d. Pharmazie **238** (1900), 238, 620.
247. Tschirch-Weigel, Archiv d. Pharmazie **238** (1900), 396.
248. Tschirch-Weigel, Archiv d. Pharmazie **238** (1900), 415.
249. Tschirch-Schulz, Archiv d. Pharmazie **245** (1907), 163.
250. Tschirch, Koch, Koritschoner, Archiv d. Pharmazie **240** (1902), 275; 586.
251. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **16** (1906), 448.
252. Tschirch-Stephan, Archiv d. Pharmazie **234** (1896), 559.
253. Tschirch-Niederstadt, Archiv d. Pharmazie **239** (1901), 151.
254. Tschirch-Koch, Archiv d. Pharmazie **240** (1902), 206.

255. Mauch, Viertelj.-Schr. f. prakt. Pharmazie **18** (1869), **161**; Jahresber. d. Pharmazie **29** (1869), 125.
256. Riban, Journ. Chim. méd. **10** (1864), 155; Compt. rend. de l'acad. d. sciences **57** (1863), 798; **63** (1866), 476.
257. Merck, Jahresber. (1898), 48.
258. Easterfield-Aston, Proceed. Chem. Soc. **16** (1900), 211.
259. Carpenter, Magazin f. Pharmazie **15**, 146.
260. Geiger, Ann. d. Chemie **14** (1835), 206.
261. Frey, Americ. Journ. of Pharmacy **51** (1879), 390.
262. Gibson, ebenda **52** (1880), 433.
263. Cockburn, ebenda **7** (1835), 109.
264. Maisch, Chemical News **4**, 198.
265. Braconnot, Ann. de Chim. et de Phys. **44** (1830), 296.
266. Jobst-Hesse, Ann. d. Chemie **199** (1879), 17; Hesse, Ber. d. deutschen chem. Ges. **27** (1894), 1182.
267. Ciamician-Silber, Rendiconti d. accad. d. Lincei Roma 1892, I, 108; Gazz. chim. ital. **22** (1892), 461; **24** (1894), 407.
268. Pollack, Monatsh. f. Chemie **22** (1901), 996.
269. Leroy, Journ. de Chim. méd. **17** (1841), 3; Jahresber. Fortschr. d. Chemie **22** (1843), 462.
270. Walz, N. Jahrb. d. Pharmazie **13** (1860), 176.
271. Monheim, Buchners Repert. Pharm. **44** (1833), 199.
272. Cassola, Journ. Chim. méd. **10** (1834), 685; Steer, Buchners Repert. Pharm. **11** (1838), 88; **20** (1840), 119; Soubeiran-Capitaine, Journ. Pharm. Chim. **25** (1839), 355; Schuck, Buchners Repert. Pharm. **1** (1852), 213; Engelhardt, ebenda **3** (1854), 1; Bernatzik, Prager Viertelj.-Schr. Heilkunde (1865) I, 81; Schmidt, Archiv d. Pharm. **191** (1870), 1; Schulze, ebenda **202** (1872), 388; Ludwig, ebenda **141** (1870), 32; Buckingham, Americ. Journ. Pharm. **45** (1873), 149; Jorissen, Archiv d. Pharm. **216** (1880), 386; Czumpelitz, ebenda **219** (1881), 63; Schaer, Schweiz. Woch. Chem. Pharm. **25** (1887), 265, 273; Pomeranz, Monatsh. f. Chemie 8 (1887), 466; **9** (1888), 323; Angeli-Mole, Gazz. chim. ital. **24** (1894), II, 127; Peinemann, Archiv d. Pharm. **234** (1896), 204; Mameli, Gazz. chim. ital. **37** (1907), II, 483; **39** (1908), I, 477, 494; **42** (1912), II, 546, 551; Eijkman, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 856.
273. Walz, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **27** (1853), 65; Canstatts Jahresber. (1853), 44; Chem. Ztrbl. (1853), 926.
273a. Guitteau, Dujardin-Beaumetz' Plantes médicinales (1889), 68.
274. Vgl. Auffray, Christy's New Commerc. Plants (1886), 49; Dymock, Pharmacographia indica **2** (1891), 264; Dujardin-Beaumetz, Plantes médicinales (1889), 667.
275. Braconnot, Ann. Chim. Phys. **3** (1816), 227.
276. Stenhouse, Ann. d. Chemie **98** (1856), 166.
277. Schunck-Marchlewski, ebenda **277** (1893), 261; **278** (1894), 346.
278. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 222.
279. Sillevoldt, Diss. Marburg 1899; Beckurts Jahresber. **59** (1899), 438.
280. Greshoff, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 3538; Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 214.
281. Jobst-Hesse, Ann. d. Chemie **199** (1879), 17.
282. Ciamician-Silber, Gazz. chim. ital. **22** (1892), 461; **24** (1894), 407.
283. Hesse, Ber. d. deutschen chem. Ges. **27** (1894), 1182.
284. Hesse, Ann. d. Chemie **286** (1895), 369.
285. Holmes, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **6** (1896), 163.
286. Hesse, Ann. d. Chemie **286** (1895), 369.
287. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **6** (1896), 163.
288. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **31** (1899), 112; Beckurts Jahresber. **60** (1900), 5.
289. Paris, Buchners Repert. f. Pharmazie **13** (1822), 271.
290. Morries, Frorieps Notizen **31** (1831), 106.
291. Marquart, Buchners Repert. f. Pharmazie **46** (1833), 8.
292. Landerer, ebenda **49** (1834), 420.
293. Zwenger, Ann. d. Chemie **43** (1842), 359.
294. Golding Bird, London Med. Gazette **25** (1842), 908.
295. Walz, Verhandl. d. natur. med. Ver. Heidelberg **6** (1859), 205.
296. Köhler, N. Repert. f. Pharmazie **18** (1869), 596.
297. Flückiger-Hanbury, Histoire des drogues, Paris (1878), 524.
298. Jones-Ransom, Pharmazeut. Ztg. (1886), 613.
299. Berg, Bullet. Soc. Chim. **17** (1879), 85; **35** (1906), 435; **7** (1910), 385; Compt. rend. de l'acad. d. sciences **143** (1906), 1161; **148** (1909), 566; **150** (1910), 981.
300. Brämer, Beckurts Jahresber. **28** (1894), 88.
301. Pollak, Ber. d. deutschen chem. Ges. **39** (1906), 3380.
302. Hemmelmayr, ebenda **39** (1906), 3652.
303. Thoms-Mann, Diss. Gießen 1907.
304. Power-Moore, Journ. Chem. Soc. **95** (1909), 1985; **97** (1910), 99.
305. Moore, ebenda **97** (1910), 1797.
306. Lindo, Chem. News **37** (1878), 35.
307. Serena, l'Orosi **7** (1883), 273.
308. Johannson, Diss. Dorpat 1884; Ztschr. f. analyt. Chem. **24** (1885), 156.
309. Schmidt, Lehrb. d. Pharm. Chemie (1923), II, 2070.
310. Tschirch-Saal, Archiv d. Pharmazie **242** (1904), 362.
311. Tschirch-Saal, Archiv d. Pharmazie **242** (1904), 351.
312. Tschirch-Reutter, Archiv d. Pharmazie **242** (1904), 119.
313. Tschirch-Cremer, Archiv d. Pharmazie **240** (1902), 310.
314. Tschirch-Saal, Archiv d. Pharmazie **242** (1904), 400.
314a. Peckolt, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **24** (1886), 3.
315. Simon, Poggend. Ann. **44** (1838), 600.

316. Schlagdenhauffen-Reeb, Compt. rend. de l'acad. d. sciences **131** (1900), 753. Vgl. auch Berger, Über den Bitterstoff „Erysimupikron" aus *Erysimum crepidifolium;* Heil- u. Gewürz-Pflanzen 8 (1925), 1.
317. Hérissey-Bourdier, Journ. Pharm. Chim. **28** (1908), 252.
318. Méhu, Journ. Pharm. Chim. **3** (1866), 265; **10** (1870), 454; **12** (1871), 56.
319. Hunter, Americ. Journ. of Pharmacy **43** (1871), 207.
320. Lendrich, Archiv d. Pharmazie **230** (1892), 49.
320a. Arata, Anales del Deport. nacional de hygiene (1891), 465.
320b. Leboeuf, Journ. Pharm. Chim. **8** (1868), 211.
321. Winckler, Repert. f. Pharmazie **91** (1846), 314.
322. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 336.
323. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 327.
324. Siggins, Americ. Journ. of Pharmacy **60** (1888), 121.
325. Trimble, Maisch, Lloyd, ebenda **62** (1890), 73.
326. Manger, ebenda **66** (1894), 120.
327. Latin, Americ. Journ. of Pharmacy **52** (1880), 392.
328. Franz, ebenda **60** (1888), 77.
329. Kärcher, ebenda **64** (1892), 510.
330. Shamel, ebenda **64** (1892), 511.
331. Righini, Journ. Pharm. Chim. **14** (1828), 623.
332. Merck, Jahresber. (1893), 12.
333. Meyer, Archiv exper. Pathol. **16** (1882), 163.
334. Wenzell, Jahresber. d. Pharmazie **38** (1878), 163.
335. Prescott, Americ. Journ. of Pharmacy **50** (1878), 563.
336. Cassady, Archiv d. Pharmazie **227** (1887), 862.
337. Clothier, Americ. Journ. of Pharmacy **50** (1878), 563.
338. Thibault, Archiv d. Pharmazie **222** (1884), 430.
339. Paschkis, Pharmazeut. Ztrh. **25** (1884), 193.
340. Romm, Diss. Dorpat 1884; Pharmazeut. Ztrh. **26** (1885), 220.
341. Merck, Index 1910, 103.
341a. Ramm, Histor. Studien, Pharmakol. Inst. Dorpat **2** (1890), 91.
342. Boorsma, Beckurts Jahresber. **57** (1897), 138.
343. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 331.
344. Boorsma, Bullet. Inst. Bot. Buitenzorg **14** (1902), 11.
345. Luck, Ann. d. Chemie **54** (1845), 119.
346. Hausmann, Archiv d. Pharmazie **237** (1899), 544.
347. Bowman, Pharmaceut. Journ. **12** (1887), 263.
348. Poulson, Archiv f. exper. Pathol. **29** (1892), 11.
349. Gallas, Diss. Erlangen 1894.
350. Daccomo, Ber. d. deutschen chem. Ges. **21** (1888), 2963.
351. Grabowski, Ann. d. Chemie **143** (1867), 279.
352. Schiff, Ann. d. Chemie **253** (1889), 342.
353. Boehm, Ann. d. Chemie **318** (1901), 253.
354. Katz, Archiv d. Pharmazie **236** (1898), 655.
355. Spieß, Chem. Ztrbl. (1860), 766.
356. Daccomo, Bollett. Chim. Farm. **5** (1896), 129; Annali Chim. Farm. **23** (1896), 222.
357. Kraft, Schweiz. Woch. f. Pharmazie **40** (1902), 322.
358. Geiger, Magazin f. Pharmazie **9** (1828), 134.
359. Stenhouse, Ann. d. Chemie **98** (1856), 316.
360. Stenhouse-Groves, Journ. Chem. Soc. **31** (1877), 551; **35** (1879), 688.
361. Flückiger, Pharmaceut. Journ. Transact. **7** (1877), 343.
362. Henry-Caventou, Dierbachs Materia medica (1837), I, 230.
363. Kromayer, Archiv d. Pharmazie **110** (1862), 27.
363a. Kennedy, Archiv d. Pharmazie **208** (1876), 382.
364. Bourquelot-Bridel, Journ. Pharm. Chim. **23** (1906), 369; **2** (1910), 149; **3** (1911), 294.
365. Tanret, Bullet. Soc. Chim. **33** (1905), 1059.
366. Magendie, Formulaire pour la préparation de plusieurs nouveaux médicaments, Paris, 8. Edition, 1835.
367. Radius, Rieckes, Die neueren Arzneimittel, Stuttgart (1842), 329,
368. Pool, Diss. Utrecht 1837.
369. Benemann, Archiv d. Pharmazie **143** (1858), 3.
370. Lange, Deutsche Klinik (1851), 36.
371. Küchenmeister, Archiv f. physiol. Heilkunde **10** (1851), 1.
372. Merck, Index (1910), 135.
373. Kostanecki, Schweiz. Woch. f. Chem. u. Pharm. **29** (1891), 59, 245; Monatsh. f. Chemie **12** (1891), 318; **15** (1893), 1.
374. Buchner, Repert. f. Pharmazie **35** (1844), 169; Chem. Ztrbl. (1844), 817.
374a. Stanhope, Dujardin-Beaumetz' Plantes médicinales (1889), 317.
374b. Curry, Americ. Journ. of Pharmacy **59** (1892), 513.
374c. Wetherill, Philadelphia Med. Times **7** (1877), 319.
374d. White, Americ. Journ. of Pharmacy **59** (1892), 121.
375. Tresh, Pharmaceut. Journ. **10** (1879), 175.
376. Garnett-Grier, Pharmaceut. Journ. **79** (1907), 118.
377. Landerer, Buchners Repert. f. Pharmazie **11** (1838), 92; **18** (1840), 363; Chem. Ztrbl. (1840), 79.
378. Fauré, Journ. Pharm. Chim. **22** (1836), 291.
379. Pettenkofer, Buchners Repert. d. Pharmazie **36** (1844), 289; Chem. Ztrbl. (1845), 230.
380. Tschirch-Weil, Archiv d. Pharmazie **241** (1903), 382.
381. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **31** (1899), 80; Beckurts Jahresber. **35** (1900), 6.
382. Peckolt, Pharmazeut. Rundsch. N. Y. (1888), 32; Pharm. Ztrh. (1888), 236, 580.

383. Greshoff, Pharmazeut. Ztg. **36** (1891), 763.
384. Greshoff, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **25** (1898), 176.
385. Ives, Americ. Journ. Sciences **2** (1821), 302.
386. Payen-Chevallier, Journ. Chim. méd. (1826), II, 527; vgl. Wagner, Journ. prakt. Chem. **58** (1853), 351.
387. Personne, Journ. Pharm. Chim. **26** (1854), 241, 329; **27** (1855), 22.
388. Lermer, Viertelj.-Schr. prakt. Pharm. **12** (1863), 505.
389. Etti, Dinglers polytechn. Journ. **228** (1878), 354.
390. Issleib, Archiv d. Pharm. **216** (1880), 345.
391. Bamberger-Landsiedl, Ztschr. ges. Brauwesen **25** (1902), 461.
392. Barth-Lintner, Ber. d. deutschen chem. Ges. **31** (1898), 2022; vgl. Lintner-Bungener, Ztschr. ges. Brauwesen **14** (1891), 357.
393. Hayduk, Wochenschr. f. Brauerei **5** (1888), 937.
394. Bungener, Ztschr. ges. Brauwesen **7** (1884), 93.
395. Prölß, Apoth.-Ztg. **16** (1901), 288, 306, 325, 434, 492.
396. Siller, Ztschr. Unters. Nahr. Gen. Mitt. **18** (1909), 241.
397. Wagner, Ztschr. ges. Brauw. **34** (1911), 161.
398. Feuerstein, Ztschr. ges. Brauwesen **34** (1911), 187.
399. Adler, Ztschr. ges. Brauw. **35** (1912), 406.
400. Wiegmann, Allg. Brauerei, Hopfen-Ztg. **52** (1912), 233, 663, 1143, 2428.
401. Seibriger, Wochenschr. f. Brauerei **30** (1913), 177, 610.
402. Winge-Jensen, Wochenschr. f. Brauerei **32** (1915), 12.
403. Walker, Wochenschr. f. Brauerei **40** (1924), 21, 157, 163, 169, 179.
404. Remy, Wochenschr. f. Brauerei **19** (1902), 614.
405. Wöllmer, Ber. d. deutschen chem. Ges. **49** (1916), 780; **58** (1925), 672; Kolloid-Ztschr. **41** (1918), 9, 17, 26, 33.
406. Lintner u. s. Mitarbeiter, Ztschr. ges. Brauwesen (1891), 357; (1904), 668; Ber. d. deutschen chem. Ges. **31** (1898), 2023; Ztschr. Unters. Nahr. Gen. Mitt. **18** (1909), 252.
406a. Wieland, Ber. d. deutsch. chem. Ges. **58** (1925), 102, 2012.
407. Lüers-Baumann, Ztschr. ges. Brauwesen **43** (1920), 65, 73, 81, 89, 97; Kolloid-Ztschr. **26** (1920), 202.
408. Walker, Wochenschr. f. Brauerei **41** (1924), 161, 185; Journ. Inst. Brewing **30** (1924), 570, 712.
409. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 352.
410. Boussingault-Rivero, Ann. Chim. Phys. **28** (1825), 430.
411. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **16** (1906), 235.
412. Surie, Jahresber. d. Pharmazie **60** (1900), 58.
413. Henkel, Archiv d. Pharmazie **114** (1858), 16.
414. Engelhardt, Arbeiten aus d. pharmakol. Inst. Dorpat 8 (1892), 5.
415. Merck, Jahresber. (1895), 132.
416. Naylor, Pharm. Journ. **14** (1883), 311; Ber. d. deutschen chem. Ges. **16** (1883), 2771.
417. Höhn, Archiv d. Pharmazie **191** (1870), 219.
418. Déleschamps, Bullet. général de thérapeutique (1832), 223.
419. Lebourdais, Annales Chim. Phys. **24** (1848), 62.
420. Moldenhauer, Ann. d. Chemie **102** (1857), 352.
421. Benemann, Archiv d. Pharmazie **143** (1858), 4; mitgeteilt von Bley.
422. Moldenhauer, Annalen d. Chemie **102** (1857), 348.
423. Wackenroder-Osan, Archiv d. Pharmazie **37** (1831), 341.
424. Keller, Buchners Repert. **56** (1836), 318.
425. Gorup-Besanez, Ann. d. Chemie **183** (1876), 321.
426. Döbereiner, ebenda **28** (1838), 288.
427. Jassoy, Archiv d. Pharmazie **228** (1890), 544.
428. Nietzki, Archiv d. Pharmazie **208** (1876), 327.
429. Schmiedeberg, Archiv f. Hygiene **76** (1913), 210.
430. v. Planta, Ann. d. Chemie **155** (1870), 145.
431. Bruns, Sitzungsber. d. phys. med. Soc. Erlangen **22** (1890); Apoth.-Ztg. (1891), 254.
432. Vintilesco, Archiv d. Pharmazie **245** (1907), 197.
433. Boorsma, Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie (1895), 42; Jahresber. d. Pharmazie **55** (1895), 119.
434. Peckolt, Beckurts Jahresber. **47** (1887), 80.
435. Steer, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math. naturw. Kl. **21** (1856), 383; Chem. Ztrbl. **27** (1856), 949.
436. Anderson, Archiv d. Pharmazie **140** (1857), 335; **145** (1858), 136; Jahresber. d. Pharmazie **33** (1873), 161.
437. Leube, zitiert von Jawein (l. c.).
438. Oettingen, Diss. Petersburg 1862.
439. Rochleder, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien **47** (1863), 119.
440. Perkin, Journ. Chem. Soc. **63** (1893), 975; **67** (1895), 230; Ber. d. deutschen chem. Ges. **19** (1886), 3109.
441. Bartolotti, Gazz. chim. ital. **24** (1894), I, 4; II, 480.
442. Telle, Archiv d. Pharmazie **244** (1906), 441.
443. Jawein, Ber. d. deutschen chem. Ges. **20** (1887), 182.
444. Herrmann, Archiv d. Pharmazie **245** (1907), 572.
445. Thoms, Archiv d. Pharmazie **245** (1907), 154.
446. Dujardin-Beaumetz, Plantes médicinales (1889), 130.
447. Camboulizes, Journ. Pharm. Chim. **14** (1871), 337.
448. Pattone, Giorn. Farm. Chim. **7** (1859), 241.
449. Werner, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **5** (1867), 320.
450. Henkel, Handb. d. Pharmakognosie (1867), 277.
451. Skey, Chem. News **27** (1873), 190.
452. Easterfield-Aston, Proceed. Chem. Soc. **19** (1903), 191.

453. Fremy, Annales Chim. Phys. (1835), 101.
454. Laves, Chem. Ztrbl. 1903, II, 1133.
455. Auld, Journ. Soc. Chem. Industr. **32** (1913), 173.
456. Serger, Chem. Ztg. **40** (1916), 221.
457. Prausnitz, Archiv f. Hygiene **88** (1918), 49.
458. Wischo, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **57** (1919), 49.
459. Rochleder, Journ. f. prakt. Chemie **87** (1862), 1 u. **101** (1867), 415.
460. Tschirch-Studer, Archiv d. Pharmazie **241** (1903), 500.
461. Heckel-Schlagdenhauffen, Jahresber. d. Pharmazie **61** (1903), 130.
462. Power-Lees, Pharm. Journ. **17** (1903), 183.
463. Wittstein, Buchners Repert. d. Pharmazie **21** (1840), 24.
464. Pavesi, Journ. Pharm. d'Anvers (1858), 472.
465. Bedall, Viertelj.-Schr. prakt. Pharm. **8** (1859), 481; **11** (1862), 207.
466. Flückiger-Buri, Archiv d. Pharmazie **205** (1874), 199.
467. Leichsenring, Archiv d. Pharmazie **232** (1894), 54.
468. Daccomo-Malagnini, Bollett. Chim. Farm. **36** (1897), 609.
469. Kondakow-Schatz, Archiv d. Pharmazie **237** (1899), 481.
470. Lobeck, Archiv d. Pharmazie **239** (1901), 672.
471. Lewin, Chem. Ztg. (1894), 804.
473. Buchner, Repert. d. Pharmazie **43** (1833), 1.
474. Aubergier, Compt. rend. de l'acad. des sciences **15** (1843), 923.
475. Pagenstecher, Jahresber. Fortschr. d. Chemie **22** (1843), 460.
475a. Ludwig-Kromayer, Archiv d. Pharmazie **100** (1847), 129; Chem. Ztrbl. (1847), 438.
476. Mouchon, Journ. Chim. méd. **10** (1834), 552; **21** (1845), 590.
477. Walz, Ann. d. Chemie **32** (1839), 99.
478. Bley, Archiv d. Pharmazie **155** (1861), 3.
479. Anselmi, Pharm. Post (1884), 269.
480. Maisch, Americ. Journ. of Pharmacy **63** (1891), 1; Jahresber. d. Pharmazie **51** (1891), 57.
481. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **31** (1899), 96.
482. Martius, Repert. f. Pharmazie **91** (1846), 92.
483. Hartig, Jahrb. f. Förster **1** (1861), 263.
484. Feldmann, Ann. d. Chemie **135** (1865), 236.
485. Krüger, Diss. Erlangen 1877.
486. Külz, Archiv d. Pharmazie **221** (1883), 161.
487. Reinsch, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **18** (1849), 37; Chem. Ztrbl. **20** (1849), 300.
488. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 386.
489. Naylor, Pharm. Journ. (1894), 1258; Jahresber. d. Pharmazie **54** (1894), 110.
490. v. Schröder, Jahresber. d. Pharmazie **45** (1885), 158.
491. Reeb, Union pharmaceut. **18** (1877), 4.
492. Mercks Index (1910), 165.
493. Steinmann, Americ. Journ. of Pharmacy **59** (1887), 229.
494. Merck, Jahresber. 1895, 3.
495. Hesse, Ann. d. Chemie **290** (1896), 314.
496. Beck, Mercks Jahresber. 1895, 3.
497. Polex, Archiv d. Pharmazie **17** (1839), 75.
498. Kromayer, ebenda **155** (1861), 9.
499. Bley, ebenda **155** (1861), 1.
500. Kromayer, ebenda **163** (1863), 19.
501. Kromayer, Die Bitterstoffe (1862), 56. Erlangen.
502. Bernays, Ann. d. Chemie **40** (1841), 317.
503. Schmidt, Ann. d. Chemie **51** (1844), 338.
504. Paternó-Oglialoro, Gazz. chim. ital. **9** (1879), 64.
505. Peters-Frerichs, Archiv d. Pharmazie **240** (1902), 661.
506. Walz, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **26** (1853), 296; **27** (1853), 12, 65.
507. Kloob-Flandre, Bullet. Soc. Chim. **35** (1906), 1210; Compt. rend. de l'acad. des sciences **145** (1907), 331.
508. Pagenstecher, Buchners Repert. d. Pharm. **22** (1840), 311; **26** (1842), 313; **29** (1843), 216.
509. Buchner, ebenda **88** (1845), 11.
510. Schröder, Neues Repert. d. Pharm. **10** (1861), 11.
511. Kownacki, Diss. Dorpat 1893.
512. Hills-Wynne, Journ. Chem. Soc. **87** (1905), 327; Pharm. Journ. **20** (1905), 401, 436.
513. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **18** (1897), 28; Jahresber. d. Pharmazie **57** (1897), 154; **60** (1902), 6.
514. Emmet, Journ. Pharm. Chim. **17** (1831), 334, 400.
515. Bouchardat, Bullet. de thérapeut. **19** (1842), 243.
516. Lloyd, Pharm. Rundsch. N. Y. (1886), 169; Jahresber. d. Pharmazie **46** (1886), 61.
517. Klecsattel, Ber. d. deutschen pharm. Ges. **3** (1893), 75.
518. Peckolt, ebenda **11** (1901), 43.
519. Bley, Repert. d. Pharmazie **48** (1834), 108; **62** (1837), 175.
520. Ludwig-Stahl, Archiv d. Pharmazie **119** (1864), 55.
521. Hofmeister, Archiv f. exper. Pathol. **30** (1892), 211.
522. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 41; Jahresber. d. Pharmazie **48** (1888), 118.
523. Geiger, Repert. d. Pharmazie **15** (1823), 11.
524. Kamp-Bödecker, Ann. d. Chemie **100** (1856), 300.
525. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **19** (1909), 351, 356, 358, 359.
526. Doassans-Mourrut-Hanriot, Journ. Pharm. Chim. **11** (1880), 509; **12** (1880), 328, 329; Bullet. Soc. Chim. **36** (1880), 85.
527. Rochefontaine, Journ. Pharm. Chim. **11** (1880), 509.
528. Schmid, Ann. d. Chemie **93** (1855), 87.
529. Liechti, Archiv d. Pharmazie **229** (1891), 426.
530. Braconnot, Ann. d. Chemie **23** (1837), 181.
531. Berzelius, Lehrb. d. Chemie 1828, III, 632.
532. Combs, Jahresber. d. Pharmazie **57** (1897), 19.

533. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **16** (1906), 32.
534. Mein, zitiert von Matusow.
535. Harms, Archiv d. Pharmazie **83** (1855), 144; **116** (1863), 141.
536. Kromayer, Archiv d. Pharmazie **108** (1861), 258.
537. Hertel, Americ. Journ. of Pharmacy **62** (1890), 273.
538. Morrison, ebenda **62** (1890), 327.
539. Matusow, ebenda **69** (1897), 201.
540. Gordin, Deutsch-Amerik. Apoth.-Ztg. (1907), 91; Journ. Americ. Chem. Soc. **30** (1908), 265.
541. Genth, Ann. d. Chemie **46** (1843), 124.
542. Tschirch-Reutter, Archiv d. Pharmazie **242** (1904), 109.
543. Hodges, Philosophical Magazin **25** (1845), 202.
544. Heany, Americ. Journ. of Pharmacy **48** (1876), 451.
545. Young, ebenda **55** (1883), 195; Jahresber. d. Pharmazie **43** (1883), 254.
546. Tarosiewicz, Repert. d. Pharmazie **45** (1833), 30.
547. Tromsdorff, Neues Journ. **18** (1826), 3; **24** (1832), 13.
548. Brandes, Archiv d. Pharmazie **80** (1842), 153; Geigers Magazin **33** (1830), 27.
549. Ludwig-Kromayer, Archiv d. Pharmazie **158** (1861), 263.
550. Kohlmann, Archiv d. Pharmazie **143** (1858), 9.
551. Liebelt, Diss. Halle 1875.
552. Kromayer, Archiv d. Pharmazie **174** (1865), 37.
553. Lendrich, Archiv d. Pharmazie **230** (1892), 41.
554. Boorsma, Bullet. Instit. Bot. Buitenzorg **21** (1904), 4; Jahresber. d. Pharmazie **64** (1904), 56.
555. Hooker, Pharm. Journ. **18** (1887/88), 581.
556. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 29.
557. Thoms, Tropenpflanzer (1900), 436; Jahresber. d. Pharmazie **60** (1900), 78.
558. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 308.
559. Maisch, Americ. Journ. of Pharmacy **58** (1886), 168.
560. Arata-Canzoneri, Gazz. chim. ital. **18** (1888), 409.
561. Planta, Ann. d. Chemie **155** (1870), 145.
562. Gawalowski, Pharm. Post **24** (1891), 153.
563. Duncan, Philosophical Magazin **10** (1833), 465; Berzelius Jahresber. **12** (1833), 269.
564. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **13** (1903), 137.
565. Peckolt, ebenda **13** (1903), 340.
566. Bayley, Archiv d. Pharmazie **224** (1886), 863.
567. Atkinson, Pharm. Journ. **18** (1887), 1.
568. Müller-Rummel, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **16** (1878), 489.
569. Vasquez, vgl. Murillo, Apoth.-Ztg. (1890), 224.
570. Tschirch-Bergmann, Archiv d. Pharmazie **243** (1905), 653.
571. Bastocki-Huchard, Therap. Gazette (1889), 414.
572. Jourdain, Repert. d. Pharmazie **19** (1840), 338; Chem. Ztrbl. (1840), 605.
573. Gerrard, Pharm. Journ. 8 (1877), 214.
574. Walz, Neues Jahrb. d. Pharmazie **14** (1861), 345; Chem. Ztrbl. (1861), 107.
575. Peckolt, Jahresber. d. Pharmazie **57** (1897), 128.
576. Myers-Hillespin, Americ. Journ. of Pharmacy **61** (1889), 555; Jahresber. d. Pharmazie **49** (1889), 59.
577. Maisch, Americ. Journ. of Pharmacy **57** (1885), 601.
578. Hermbstädt, Schweiggers Journal **31** (1823), 442.
579. Landerer, Buchners Repert. d. Pharmazie **53** (1835), 205.
580. Reimann-Posselt, Magazin f. Pharmazie **24**, 138.
581. Barral, Compt. rend. de l'acad. des sciences **21** (1845), 1374.
582. Gawalowski, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **40** (1902), 1002.
583. Geoffroy, Annales Inst. Colon. Marseille **3** (1895), 1; Pharm. Ztg. (1896), 834; Jahresber. d. Pharmazie **56** (1896), 15; Journ. Pharm. Chim. **26** (1892), 454.
584. Reinsch, Jahrb. f. prakt. Pharmazie **4** (1841), 385.
585. Pellacani, Archiv f. exper. Pathol. **16** (1883), 440.
586. Greenish, Pharm. Journ. **14** (1884), 863.
587. Kobert, Lehrb. d. Intoxikationen 1906, II, 1074.
588. Spiegel, Jahresber. d. Pharmazie **57** (1897), 27.
589. Greshoff, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 3545.
590. Pohl, Archiv f. exper. Pathol. **34** (1894), 262.
591. Tschirch-Halbey, Archiv d. Pharmazie **236** (1898), 497.
592. Ferat, Pelletier, Pallas, vgl. Rochleder, Pflanzenchemie (1858), 47.
593. Landerer, Repert. d. Pharmazie **7** (1837), 204; Chem. Ztrbl. 8 (1837), 156.
594. Landerer, Repert. d. Pharmazie **22** (1841), 348; Chem. Ztrbl. **12** (1841), 767.
595. Pelletier, Annales Chim. Phys. **51** (1833), 196.
596. Sobrero, Ann. d. Chemie **54** (1845), 67.
597. Körner-Vanzetti, Atti d. reale accad. d. Lincei Roma **12** (1903), I, 122.
598. Amato, Ber. d. deutschen chem. Ges. **11** (1878), 1251.
599. Flückiger-Höhn, Archiv d. Pharmazie **140** (1869), 213, 229; Chem. Ztrbl. (1870), 50.
600. Wefers Bettink, Rec. Trav. Chim. Pays-Bas 8 (1889), 319; Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie **21** (1888), 1.
601. Greshoff, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 3543.
602. Baur, Archiv d. Pharmazie **233** (1895), 239.
603. Tschirch-Knitl, Archiv d. Pharmazie **237** (1899), 268.
604. Peckolt, Jahresber. d. Pharmazie **57** (1897), 127.
605. Naylor-Chaplin, Pharm. Journ. **20** (1890), 257.
606. Holmes, Pharm. Journ. **20** (1890), 257; Jahresber. d. Pharmazie **50** (1890), 47.

607. Merck, Jahresber. (1895), 8.
608. Herzog-Krohn, Archiv d. Pharmazie **247** (1909), 583.
609. Herzog-Krohn, Archiv d. Pharmazie **247** (1909), 585.
610. Peckolt, Pharm. Rundsch. N. Y. **12** (1894), 287; Jahresber. d. Pharmazie **55** (1895), 139; vgl. ebenda **35** (1875), 164.
611. Claassen, Americ. Journ. of Pharmacy **58** (1886), 331.
612. Erdmann, Journ. f. prakt. Chemie **16** (1839), 42.
613. Bothe, Journ. f. prakt. Chemie **46** (1849), 373.
614. Hlasiwetz-Weidel, Ann. d. Chemie **174** (1874), 70.
615. Schmidt, Archiv d. Pharmazie **236** (1898), 664, 690.
616. Heut, Ann. d. Chemie **176** (1875), 70.
617. Herzog-Krohn, Archiv d. Pharmazie **247** (1909), 563.
618. Greshoff, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 3539.
619. Sillevoldt, Nederl. Tijdschr. v. Pharm. **11** (1899), 246.
620. Garrigues, Ann. d. Chemie **90** (1854), 231.
621. Davydow, Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **29** (1890), 130.
622. Fujitani, Archiv internat. pharmacodyn. **14** (1905), 355.
623. Asahina u. Taguchi, Journ. Pharm. Soc. Japan. (1906), 519; Pharmazeut. Zrtlh. **47** (1906), 676.
624. Kürsten, Archiv d. Pharmazie **229** (1891), 258.
625. Boehm, Archiv f. exp. Pathol. **35** (1895), 1.
626. Hesse, Journ. f. prakt. Chemie **63** (1901), 541; **68** (1903), 58.
627. Jobst-Hesse, Ann. d. Chemie **199** (1879), 17.
628. Ciamician-Silber, Gazz. chim. ital. **23** (1893), II, 194; Ber. d. deutschen chem. Ges. **26** (1893), 2340; **27** (1894), 841.
629. Tovar, Journ. Pharm. Chim. **12** (1885), 233.
630. Ulrici, Apoth.-Ztg. **3** (1888), 767.
631. Arny. Americ. Journ. of Pharmacy **62** (1890), 121; **69** (1897), 169.
632. Meyer, Pharmaceut. Journ. **12** (1881), 359; **12** (1882), 596.
633. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 327.
634. Schlatter, Ann. d. Chemie **5** (1833), 201.
635. Wackenroder-Osan, Archiv d. Pharmazie **37** (1831), 347.
636. Wagner, Journ. f. prakt. Chemie **61** (1845), 371; **62** (1854), 275; Ber. d. deutschen chem. Ges. **7** (1874), 694.
637. Hlasiwetz-Weidel, Ann. d. Chemie **174** (1874), 67.
638. Popper, Monatsh. f. Chemie **19** (1898), 268.
639. Herzog-Krohn, Pharmazeut. Post **42** (1909), 793.
640. Heut, Diss. Erlangen 1874.
641. Bothe-Wagner, Journ. f. prakt. Chemie **46** (1849), 371.
642. Schmidt, Lehrbuch d. pharmazeut. Chemie (1923), II, 2051.
643. Lamy, Ann. Chim. Phys. (3) **35**, 129.
644. Ottow, Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie **3** (1891), 128, 160; Jahresber. d. Pharmazie **51** (1891), 86.
645. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **15** (1905), 186.
646. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **13** (1903), 35.
647. Dessaignes-Chautard, Journ. Pharm. Chim. **21** (1852), 24; Journ. f. prakt. Chemie **55** (1852), 323.
648. Gerding, Archiv d. Pharmazie **137** (1856), 1.
649. Nagai, Ber. d. deutschen chem. Ges. **24** (1891), Ref. 648.
650. Kashimura, Pharmaceut. Journ. **50** (1890/91), 1170.
651. Shimojama-Hirano, Pharmaceut. Journ. **50** (1890/91), 1170.
652. Massute, Archiv d. Pharmazie **228** (1890), 163.
653. Brera-Jori, Schmidts Jahrb. d. Medizin **10** (1836), 5; Ann. d. Chemie **20** (1838), 262.
654. Tiemann, Archiv d. Pharmazie **241** (1903), 295.
655. Alms, Ann. d. Chemie **1** (1823), 61.
656. Vogel-Wuth, N. Jahrb. d. Pharmazie 8, 201.
657. Altheer, Geneesk. Tijdschr. v. Nederl. Indië **7** (1859), 614.
658. Greshoff, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **25** (1898), 22.
659. Boorsma, Bullet. Inst. Bot. Buitenzorg **14** (1902), 11; Mededeel. uit 'sLands Plantent. **52** (1902), 34.
660. Stenhouse-Groves, Ann. d. Chemie **185** (1877), 14.
661. Boullay, Journ. Pharm. Chim. **5** (1820), 1; Ann. Chim. Phys. **30** (1825), 209.
662. Casaseca, Ann. Chim. Phys. **30** (1825), 314; Meißner, Berliner Jahrbücher **28** (1826), 132; Esenbeck, Repert. d. Pharmazie **24** (1826), 35; Marder, Brandes Archiv d. Pharmazie **16**, 268; Merck, Pharmazeut. chem. Novitätenkabinett 1827; Oppermann, Jahresber. Fortschr. d. phys. Wissensch. **12** (1833), 225; Pelletier-Couerbe, Ann. Chim. Phys. **54** (1834), 178; Liebig, Ann. d. Chemie **10** (1834), 203; Regnauld, Journ. Pharm. Chim. (1838), 157; Erdmann-Marchand, Journ. f. prakt. Chem. **37** (1846), 129; Bödecker, Diss. Göttingen 1848; Bouchardat-Boudet, Ann. d. Chemie **88** (1853), 214; Barth, Journ. f. prakt. Chemie **91** (1854), 157; Becker, Archiv d. Pharmazie **85** (1856), 22; Tichanowitsch, Chem. Ztrbl. (1861), 613; Köhler, Jahresber. Fortschr. d. Chemie (1868), 796; Böhnke-Reich, Archiv d. Pharmazie **201** (1872), 498; Liebermann-Palm, Ber. d. deutschen chem. Ges. **8** (1875), 377; Paternó-Oglialoro, Gazz. chim. ital. **6** (1876), 532; **7** (1877), 193; **9** (1879), 57; **11** (1881), 36; Paternó-Nasini, Gazz. chim. ital. **16** (1886), 272; Langley, Ztschr. f. analyt. Chemie **2** (1863), 404; Barth-Kretschy, Monatsh. f. Chemie **1** (1880), 99; **2** (1881), 796; **5** (1884), 65; Löwenhardt, Diss. Halle

1880; Schmidt, Ann. d. Chemie **222** (1884), 313; Brockmann, Diss. Kiel 1893; Francis, Chem. Ztrbl. (1843), 175; Meyer, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **7** (1897), 16; Meyer-Bruger, Ber. d. deutschen chem. Ges. **31** (1898), 2958; Bruger, Diss. Berlin 1898; Kreis, Chem. Ztg. (1899), 21; Minovici, Ztschr. Unters. Nahr. Gen. Mitt. **3** (1900), 687.

663. Sielisch, Ann. d. Chemie **391** (1912), 1.
664. Angelico, Gazz. chim. ital. **36** (1906), II, 645; **39** (1909), I, 296; **40** (1910), I, 391; **41** (1911), I, 46; **42** (1912), II, 540.
665. Horrmann, Ann. d. Chemie **411** (1915), 273; Ber. d. deutschen chem. Ges. **49** (1916), 1554.
666. Duflos, Journ. f. prakt. Chemie **64** (1832), 222; Voget, Chem. Ztrbl. (1839), 4; Euler, Chem. Ztrbl. (1839), 674; Schmidt, Chem. Ztrbl. (1863), 249; Köhler, Berl. klin. Woch. (1867), 489; Gaube, Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **10** (1871), 449, 481; Gauß, Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **9** (1871), 490; Blas, Journ. Chim. méd. **6** (1872), 396, 452; Schneider, Poggend. Ann. **147** (1872), 128; Hoffstedt, Upsala Läkareförен. Förhandl. **7** (1873), 431; Brunner, Ztschr. f. analyt. Chemie **13** (1874), 72; Wittstein, Archiv d. Pharmazie **206** (1875), 25; Jorissen, Archiv d. Pharmazie **216** (1880), 386; Chlopinsky, Diss. Dorpat 1883; Palm, Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **26** (1887), 257; Marfori-Chistoni, Archivio di Farmacol. **16** (1913), 529; Melzer, Ztschr. f. analyt. Chemie **37** (1898), 351, 747; Kreis, Chem. Ztg. (1899), 22; Plölß, Apoth.-Ztg. (1901), 779, 788; Reichard, Chem. Ztg. (1906), 109; Bolland, Monatsh. f. Chemie **29** (1908), 965; van Eck, Pharmaceut. Weekbl. **48** (1911), 581; Tunmann, Apoth.-Ztg. (1917), 441.
667. Buchheim, Archiv d. Pathol. (1872), 37.
668. Heut, Archiv d. Pharmazie **236** (1898), 162.
669. Herzog-Hancu, Archiv d. Pharmazie **246** (1908), 402.
670. Naudin, Americ. Journ. of Pharmacy **57** (1885), 161.
671. Nagle, zitiert von Hart l. c.
672. Hart, Americ. Chem. Journ. **5** (1883), 39.
673. Swaters, Diss. Utrecht 1896; Jahresber. d. Pharmaz. **56** (1896), 173.
674. Pellacani, Annali di Chim. applic. alla Farmacia ed alla Med. Milano (1885), 78.
675. Dulong, Journ. Pharm. Chim. **14** (1828), 441.
676. Greshoff, Ber. d. deutschen chem. Ges. **23** (1890), 3543.
677. Boorsma, Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie (1895), 35; Mededeel. uit 'sLands Plantent. **13** (1894), 11; **31** (1899), 132.
678. Merck, Jahresber. (1895), 11.
679. Franchimont, Chem. Ztg. (1899), Rep. 334; (1901), Rep. 133; Jahresber. d. Pharmazie **60** (1900), 370; **61** (1901), 355.
680. Herstellung und Eigenschaften des Podophyllins: Cadburg, Pharmaceut. Journ. **18** (1858), 179; Canstatts Jahresber. (1859), 47; Credner, Diss. Gießen 1869; Busch, Americ. Journ. Pharmacy **49** (1877), 548; Husemann, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **16** (1878), 304; Maisch, Pharmaceut. Journ. **10** (1880), 621; Guareschi, Gazz. chim. ital. **10** (1880), 16; Brit. Med. Journ. (1880), 579; Ber. d. deutschen chem. Ges. **12** (1880), 683; Power, Jahresber. d. Pharmazie **34** (1874), 132; **50** (1878), 369; Buchheim-Credner, N. Jahrb. d. Pharmazie **32** (1874), 224; Biddle, Ber. d. deutschen chem. Ges. **11** (1879), 683; Burnett, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **41** (1887), 429; Endemann, Jahresber. d. Pharmazie **54** (1894), 543; Kürsten, Archiv d. Pharmazie **229** (1891), 220; Dunstan-Henry, Journ. Chem. Soc. **73** (1898), 209; Podwyssotzki, Archiv f. exper. Pathol. **13** (1881), 29; Ber. d. deutschen chem. Ges. **15** (1882), 377; Umney, Pharmaceut. Journ. **23** (1892), 207; Duna, Americ. Journ. Pharmacy **52** (1890), 124; Klie, Pharmazeut. Rundsch. N. Y. (1890), 154; Schmidt, Jahresber. d. Pharmazie **56** (1896), 51; Lohmann, Pharmazeut. Ztg. (1903), 842; Bennet, Brit. and Colon. Druggist (1903), 169; Taylor, Pharmaceut. Journ. **27** (1908), 346; Reaktionen, Prüfung, Bestimmung des Podophyllins und seiner Bestandteile: Hammen, Journ. Pharm. d'Anvers (1886), 442; Kremel, Pharmazeut. Post **22** (1889), 105; Millard, Jahresber. d. Pharmazie **58** (1898), 89; Gordin-Merrel, Pharmaceut. Journ. **68** (1902), 1683; Dott, Pharmazeut. Ztg. (1903), 343; (1906), 986; Jenkins, Journ. Industr. Engin. Chem. **6** (1914), 671; Tanzen, Archiv d. Pharmazie **254** (1916), 44; Merck, Jahresber. (1892), 88; (1895), 134; (1904), 160; (1911), 407.
681. Chodat, Repert. der Pharmazie (1892), 14; Jahresber. d. Pharm. **51** (1893), 148.
682. Reinsch, Buchners Repert. der Pharmazie **67** (1839), 289.
683. Benemann, Archiv d. Pharmazie **143** (1858), 4.
684. Reinsch, Real-Enzyklop. d. Pharmazie **10** (1908), 366.
685. Christophson, Archiv d. Pharmazie **206** (1875), 432.
686. Dymock, Pharmacographia indica 1890, I, 468.
687. Collier, Americ. Journ. of Pharmacy **52** (1880), 437.
688. Smith, Americ. Journ. of Pharmacy **62** (1890), 275.
689. Cazeneuve, Bullet. Soc. Chim. **23** (1875), 97.
690. Cazeneuve-Hugounenq, Compt. rend. de l'acad. des sciences **104** (1887), 1722.
691. Trimble, Americ. Journ. of Pharmacy **63** (1891), 524; Pharm. Journ. Trans. **22** (1892), 345.
692. Parisel, Ann. d. Chemie **9** (1834), 327.
693. Koene, Annales Chim. Phys. (1835), 327; Chem. Ztrbl. **6** (1835), 803.
694. Thompson, Pharmaceut. Journ. **17** (1887), 567.
695. Schneegans, Pharmazeut. Ztg. **41** (1896), 668.

696. Buchheim, Archiv f. exper. Pathol. **5** (1876), 458.
697. Dunstan-Garnett, Chem. News **71** (1895), 33.
698. Thoms, Pharmazeut. Ztg. (1891), 503.
699. Marino-Zucco, Bollett. Chim. Farm. **31** (1892), 203.
700. Keller, Buchners Repert. Pharm. **52** (1835), 197.
701. Winckler, Buchners Repert. Pharm. **54** (1837), 85; **65** (1839), 74.
702. Wiggers, Ann. d. Chemie **21** (1837), 40.
703. Enders, Archiv d. Pharmazie **185** (1868), 212.
704. Christensen, Archiv d. Pharmazie **220** (1882), 481.
705. Olivieri-Denaro, Gazz. chim. ital. **14** (1884), 1; **15** (1885), 6; **17** (1887), 270; **18** (1888), 169.
706. Massute, Archiv d. Pharmazie **228** (1890), 163.
707.
708. Goldschmidt-Weidel, Sitz.-Ber. Wiener Akad. d. Wiss. **74** (1877), 389.
709. Merck, Jahresber. (1894), 19.
710. Shimoyama-Hirano, Pharmaceut. Journ. **22** (1891), 1170.
711. Schuster, Angewandte Botanik **1** (1919), 112.
712. Wittstein, Archiv d. Pharmazie **206** (1875), 25.
713. Enders, Viertelj.-Schr. prakt. Pharm. **19** (1870), 53.
714. Hoffstedt, Upsala Läkareför. Verhandl. **7** (1873), 431.
715. Kubicki, Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **12** (1873), 449.
716. Allen, The Analyst **12** (1887), 107.
717. Adams, The Analyst **15** (1890), 121.
718. Chapman, The Analyst **25** (1899), 35.
719. Glücksmann, Pharmazeut. Monatsh. **1** (1920), 176.
720. Latour-Magnier, Bullet. Soc. Chim. **28** (1877), 337.
721. Perkin, Proceed. Chem. Soc. **18** (1902), 75.
722. Geiger, Berzelius Jahresber. **24** (1845), 536.
723. Vincent-Delachanal, Compt. rend. de l'acad. des sciences **104** (1887), 1855.
724. Liborius, Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **20** (1881), 106.
725. Stenhouse, Ann. d. Chemie **68** (1848), 69.
726. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **12** (1902), 196.
727. Caille, Note présantée à la soc. de thérap. le 14 Mai 1919 par Laumonier. Vgl. Presse méd. (1919), 296; (1920), 379; (1921), 772.
728. Carracido-Madinaveita, Annal. Soc. Españ. Fis. Chim. **19** (1921), 148, 251.
729. Zellner, Monatsh. f. Chemie **42** (1922), 453.
730. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 382.
731. van der Marck, Archiv d. Pharmazie **239** (1901), 96; Diss. Utrecht 1900; Nederl. Tijdschr. v. Pharm. **12** (1900), 296.
732. van Tönningen, Tijdschr. v. wetenschapp. Pharmacie **5** (1858), 193; vgl. auch Cooke und de Vrij, Jahresber. d. Pharmazie **32** (1872), 209.
733. Tschirch-Balzer, Archiv d. Pharmazie **234** (1896), 311.
734. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **31** (1899), 128; Pharmazeut. Ztrh. **40** (1899), 804; Jahresber. d. Pharmazie **60** (1900), 5.
735. Maben, Pharmaceut. Journ. **16** (1885/86), 301.
736. Greenish-Pearson, Pharmaceut. Journ. **106** (1921), 2; **111** (1923), 94.
737. Holmes, Chemist and Druggist **94** (1921), 40.
738. Viehöver-Capen, Journ. Americ. Chem. Soc. **45** (1923), 1941.
739. Soteria, Chem. Ztrbl. (1922), II, 1143.
740. Kahler, Brandes Archiv Pharm. **34** (1830), 318; **63**, 271.
741. Alms, Brandes Archiv Pharm. **39** (1831), 190.
742. Ruzicka, Meyer, Mingazzini, Helvet. Chim. Acta **5** (1922), 345.
743. Hesse, Ber. d. deutschen chem. Ges. **6** (1873), 1280.
744. Cannizzaro, Sestini, Ber. d. deutschen chem. Ges. **6** (1873), 1201; Cannizzaro, Valenti, Gazz. chim. ital. **8** (1878), 309; Cannizzaro, Carnelutti, Gazz. chim. ital. **8** (1878), 318.
745. Wedekind, Ber. d. deutschen chem. Ges. **32** (1899), 1411; **38** (1905), 429; Ztschr. f. angew. Chemie **32** (1919), 483.
746. Angeli, Atti Reale Accad. Lincei Roma 33 (1924), II, 10.
747. Trommsdorff, Ann. d. Chemie **11** (1834), 190; Oberdörffer, Brandes Archiv Pharm. **39** (1831), 190; **35** (1830), 219; Heldt, Ann. d. Chemie **63** (1847), 10; St. Martin, Compt. rend. acad. sc. **75** (1872), 1190; Struever, Gazz. chim. ital. 8 (1878), 320; Jorissen, Archiv d. Pharmazie **16** (1880), 386; Thäter, Archiv d. Pharmazie **237** (1899), 622; Klein, Ber. d. deutschen chem. Ges. **40** (1907), 1135; **41** (1908), 1094; Francesconi, Gazz. chim. ital. **31** (1901), II, 302.
748. Montemartini, Gazz. chim. ital. **32** (1902), I, 129.
749. Sestini, Gazz. chim. ital. **5** (1874), 121.
750. Francesconi-Maggi, Gazz. chim. ital. **32** (1902), I, 296; **33** (1903), II, 65.
751. Piutti, Chem. Ztrbl. 1913, II, 1485.
752. Katz, Archiv d. Pharmazie **237** (1899), 245.
753. Goerlich, Chem. Ztrbl. 1910, II, 1507.
754. Favrel, Bullet. Scienc. Pharmacol. **29** (1922), 553.
755. van den Berg, Pharm. Weekbl. **60** (1923), 858; vgl. auch Eder und Schneiter, Schweiz. Apoth.-Ztg. **63** (1925), 405, 421, 433, 453.
756. Meßner, Pharmazeut. Ztrh. **65** (1924), 710.
757. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **12** (1902), 104.
758. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **16** (1906), 189.
759. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 35.
760. Bernon, Journ. Pharm. Chim. 8 (1883), 306.

761. Michaud, Jahresber. d. Pharmazie **51** (1891), 562.
762. Greshoff, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **25** (1898), 92.
763. Heckel-Schlagdenhauffen, Compt. rend. de l'acad. des scienc. **100** (1888), 69.
764. Niederstadt, Pharmazeut. Ztrh. **28** (1887), 175.
765. Boorsma, Bullet. Inst. Bot. Buitenzorg **14** (1902), 25.
766. Hartmann, Pharmazeut. Rundsch. (1895), 182; Jahresber. d. Pharmazie **55** (1895), 30.
767. Boorsma, Geneesk. Tijdschr. v. Nederl. Indie (1894), 34; Mededeel. uit 'sLands Plantent. **13** (1894), 33; **31** (1899), 133; Jahresber. d. Pharmazie **60** (1900), 7.
768. Boerhave, Elementa chemiae, Lipsiae **2**, 122; Cartheuser, Rudimenta materiae med. rationalis, (1741), 244; Frankfurt; Trommsdorff, Journ. d. Pharmazie **1** (1794), 205; Athanasus, ebenda **3** (1796), 156; Buchner, Döbereiners Jahrb. (1811), 1; Landerer, Repert. d. Pharmazie **47** (1834), 442; Righini, ebenda **63** (1838), 87; Vogel, Ann. de Chim. (1812), 147; Lebourdais, ebenda (1848), 62; Bley, Archiv d. Pharmazie **61** (1850), 141; Marais, Annuaire de Thérap. (1857), 94; Wittstein, Repert. d. Pharmazie **104** (1850), 189; Walz, Pharmazeut. Ztrlh. (1847), 293.
769. Tilloy, Journ. Pharm. Chim. **12** (1826), 635; **23** (1853), 406.
770. Mandet, Compt. rend. de l'acad. des sciences **51** (1860), 87.
771. Jarmersted, Archiv f. exper. Pathol. **11** (1879), 22.
772. Kurtz, Diss. Erlangen 1894.
773. Merck, Pharmazeut. Ztg. (1879), 286, 295; Pharmazeut. Zrtlh. **20** (1879), 291; Mercks Jahresber. (1911), 113; Mercks Wissenschaftl. Abhandl. Nr. 8 (2. Aufl.), 79; Mercks Index (1910), 232.
774. Riche-Rémont, Journ. Pharm. Chim. **2** (1880), 291.
775. Schmiedeberg, Ztschr. f. physiol. Chemie **3** (1879), 112.
776. Winckler, Repert. d. Pharmazie **38** (1831), 252; Chem. Ztrbl. (1831), 555.
777. Walz, Berzelius Jahresber. (1853), 567.
778. Koch, Archiv d. Pharmazie **233** (1895), 84.
779. Peckolt, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **18** (1880), 372.
780. Ludwig-Stütz, Archiv d. Pharmazie **169** (1864), 50.
781. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **11** (1901), 365, 368.
782. Eijkman, Pharmaceut. Journ. **11** (1881), 1046; Jahresber. d. Pharmazie **41** (1881), 266, 901; Rec. Trav. Chim. Pays-Bas **4** (1885), 32; Jahresber. d. Pharmazie **45** (1885), 94.
783. Gilling, Pharmaceut. Journ. **80** (1908), 510.
784. Vauquelin, Journ. Pharm. Chim. **11** (1825), 49.
785. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **19** (1909), 185.
786. Geißler, Archiv d. Pharmazie **207** (1875), 289.
787. Overbeck, Archiv d. Pharmazie **118** (1851), 271.
788. Juss-Broughton, Nouv. Remèdes **3** (1887), 53.
789. Peckolt, Ztschr. d. österr. Apoth.-Ver. **16** (1878), 361; Jahresber. d. Pharmazie **38** (1878), 133.
790. Reinsch, N. Jahrb. d. Pharmazie **33** (1870), 65; Jahresber. d. Pharmazie **30** (1870), 44.
791. Harz, Chem. Ztrbl. **10** (1879), 24.
792. Walz, N. Jahrb. d. Pharmazie **11** (1859), 35, 283.
793. Buchheim, Archiv f. exper. Pathol. (1876), 455.
794. Gerber, Archiv d. Pharmazie **241** (1903), 270.
795. Boorsma, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **18** (1897), 39; Jahresber. d. Pharmazie **57** (1897), 64.
796. Claassen, Americ. Chemic. Journ. **10** (1888), 328.
797. Vissier, Nederl. Tijdschr. v. Pharmacie **8** (1896), 204.
798. Greshoff, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 221.
799. Bley, Archiv d. Pharmazie **155** (1861), 11.
800. Kromayer, Archiv d. Pharmazie **159** (1862), 18, 216; **163** (1863), 19.
801. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **20** (1910), 40.
802. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 229; Mercks Jahresber. (1889), 64; (1899), 161.
803. Homolle, Journ. Pharm. Chim. **7** (1845), 57.
804. Homolle-Quevenne, Repert. d. Pharmazie **9** (1851), 1, zit. von Leppig (l. c.). Es liegt ein Irrtum von Leppig vor, denn an dieser Stelle handeln Homolle und Quevenne nur von Digitalin, aber nicht von Tanacetin.
805. Leroy, Journ. Chim. méd. **21** (1845), 357.
806. Roder, Archiv d. Pharmazie **47** (1846), 109.
807. Leppig, Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **21** (1882), 141.
808. Ollivier-Henry, Journ. Pharm. Chim. **10** (1824), 52.
809. Arnaud, Journ. Pharm. Chim. **20** (1889), 182; Compt. rend. de l'acad. des sciences **109** (1890), 701.
810. Squire, Archiv d. Pharmazie **20** (1840), 71; Chem. Ztrbl. (1840), 47.
811. Polex, Archiv d. Pharmazie **19** (1839), 50; Chem. Ztrbl. (1839), 525.
812. Kromayer, Archiv d. Pharmazie **155** (1861), 6.
813. Sayre, Bull. of Pharmacy **9** (1895), 402.
814. Elborne-Wilson, Pharmaceut. Journ. **15** (1885), 832; vgl. Jahresber. d. Pharmazie **45** (1885), 55.
815. Yvon, Deutsch-amerikan. Apoth.-Ztg. (1889), 666; Pharmazeut. Ztschr. f. Rußland **28** (1889), 410.
816. Parodi, Jahresber. d. Pharmazie **49** (1889), 42.
817. Peckolt, Archiv d. Pharmazie **163** (1863), 110; Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **14** (1904), 322.
818. Hanriot, Compt. rend. de l'acad. des sciences **144** (1907), 151.

819. Bräutigam, Archiv d. Pharmazie **238** (1900), 555.
820. Peckolt, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **9** (1899), 349.
821. Wittstein-Schnitzer, Viertelj.-Schr. f. prakt. Pharmazie **11** (1862), 1; Canstatts Jahresber. **12** (1862), 81.
822. Maisch, Americ. Journ. of Pharmacy **38** (1866), 4; Jahresber. d. Pharmazie **26** (1866), 136.
823. Pfaff, Pharmaceut. Journ. **25** (1895), 818.
824. Dymock, Warden u. Hooper, Pharmacographia indica 1891, II, 72.
825. Smith, Pharmaceut. Journ. **20** (1890), 169.
826. Tschirch, Schweiz. Woch. Chem. Pharm. **30** (1892), 221; Pharmazeut. Zrtlh. (1892), 499.
827. Wray, Pharmaceut. Journ. **23** (1892), 62.
828. Parsons, New Remedies **9** (1881), 226; Journ. Pharm. Chim. **11** (1881), 271; Ber. d. deutschen chem. Ges. **14** (1881), 1113.
829. Bley, Archiv d. Pharmazie **63** (1838), 38.
830. Bondurant, Americ. Journ. of Pharmacy **59** (1887), 340.
831. Nayle, Dujardin-Beaumetz' Plantes médicinales (1889), 738 (Paris).
832. Trommsdorff, Archiv d. Pharmazie **130** (1854), 273.
833. Rochleder-Tonner, Journ. f. prakt. Chemie **98** (1866), 208.
834. van Itallie, Pharmaceut. Weekbl. **55** (1918), 709.
835. Hlasiwetz, Archiv d. Pharmazie **135** (1856), 15.
836. Gintl, Monatsh. f. Chemie **14** (1893), 255.
837. Dodge, Americ. Chem. Journ. **40** (1919), 1917.
838. Nooyen, Pharmaceut. Weekbl. **57** (1920), 1128.
839. Tanret, Compt. rend. de l'acad. des sciences **91** (1880), 886; Bullet. Soc. Chim. **35** (1881), 104.
840. Arata, Repert. d. Pharmazie (1892), 21; Jahresber. d. Pharmazie **52** (1894), 189.
841. Restrepo, Thèse de Paris 1881.
842. Dujardin-Beaumetz, Compt. rend. de l'acad. des sciences **92** (1881), 730; Plantes méd. (1889), 744.
843. Greshoff-Boorsma, Bullet. Instit. Bot. Buitenzorg **14** (1902), 32.
844. Gregory, Journ. de Pharmacie (1835), 314; Chem. Ztrbl. **6** (1835), 620.
845. Robiquet, Ann. Chim. Phys. **42**, 236.
846. Lépine, Journal Pharm. Chim. **28** (1855), 47.
847. Boileau, Journ. Pharm. Chim. **24** (1853), 424; Daruty, Nouv. Remèd. **4** (1888), 146; Maiden, Pharmaceut. Journ. **63** (1899), 17; Mercks Jahresber. (1888), 54.
848. Weppen, Diss. Göttingen 1872; Jahresber. d. Pharmazie **32** (1872), 32.
849. Latin, Americ. Journ. of Pharmacy **62** (1890), 71.
850. Enz, Wittsteins Viertelj.-Schr. f. prakt. Pharmazie **7** (1858), 182; Chem. Ztrbl. **3** (1858), 498.
851. Heckel-Schlagdenhauffen, Compt. rend. de l'acad. des sciences **106** (1888), 1446.
852. Greshoff, Mededeel. uit 'sLands Plantent. **25** (1898), 105.
853. Peckolt, Pharmazeut. Rundsch. N. Y. **12** (1894), 110.
854. Krämer, Archiv d. Pharmazie **90** (1844), 269.
855. Allen, Americ. Journ. of Pharmacy **52** (1880), 439.
856. Sayre, Americ. Journ. of Pharmacy **67** (1895), 387.
857. Huchard, Nouv. Remèd. **1** (1885), 196.
858. Shennan, Edinbourg Med. Journ. (1896), 409.
859. Holfert, Pharmazeut. Ztrlh. **31** (1890), 37.
860. Thoms, Ber. d. deutschen chem. Ges. **44** (1911), 3325.
861. Prieß, Ber. d. deutschen pharmazeut. Ges. **21** (1911), 240.
862. Brandt, Arb. aus d. pharmazeut. Inst. Berlin **11** (1914), 82.
863. Stenhouse, Ann. d. Chemie **89** (1854), 252; **104** (1857), 236.
864. Gordin, Pharmaceut. Review 21 (1903), 376; Journ. Americ. Chem. Soc. **28** (1906), 1649.
865. Staples, Americ. Journ. of Pharmacy **1** (1829), 163.
866. Witte, Diss. Göttingen 1876; Archiv d. Pharmazie **212** (1878), 283.
867. Lloyd, Americ. Journ. of Pharmacy **62** (1890), 229.
868. Dodge, Journ. Americ. Chem. Soc. **38** (1916), 446.
869. Colton, Americ. Journ. of Pharmacy **52** (1880), 191.
870. Eberhardt, Americ. Journ. of Pharmacy **62** (1890), 230.
871. Giacosa-Soave, Annali Chim. Farm. (1889), 209; Pharmaceut. Journ. **20** (1890), 168.
872. Hübschmann, Viertelj.-Schr. f. prakt. Pharmazie **5** (1845), 196.
873. Enz, Viertelj.-Schr. f. prakt. Pharmazie **5** (1845), 197.
874. Boorsma, Bullet. Inst. Bot. Buitenzorg **21** (1904), 26.

J. Meßner.

Eiweißstoffe.

(F. Boas.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Allgemeines	190
I. Einteilung	190
II. Zusammensetzung	191
III. Farbenreaktionen	191
IV. Bausteine	192
V. Gruppenreaktionen	192
VI. Umwandlungsprodukte	193
VII. Vorkommen in den Pflanzen	193
B. Besonderer Teil	194
1. Getreideeiweiß, Eiweißpräparate, Bewertung	194
2. Leguminosen	196
3. Kartoffeln, Obst, Gemüse	197
4. Pilze	197
5. Algen und Flechten	197
6. Hefen	197
7. Giftige Albumine	198
C. Literatur	198

A. Allgemeines.

Die Eiweißstoffe oder Proteinstoffe stellen eine in sich gut umschriebene Gruppe organischer Verbindungen dar, die regelmäßig Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Schwefel in einem ziemlich konstanten Verhältnis enthalten und in der Hauptsache aus säureamidartig miteinander verbundenen α-Aminosäuren aufgebaut sind. Aus dieser Struktur ergibt sich eine große Gleichartigkeit des chemischen Verhaltens der Eiweißkörper, so daß über die Zugehörigkeit einer bestimmten organisierten Verbindung zu den Eiweißstoffen kaum ein Zweifel besteht.

Der Begriff Protein ist synonym mit Eiweißkörper. Proteide dagegen sind zusammengesetzte Eiweiße, die aus einer Verbindung eines Eiweißkörpers mit einem andern nicht eiweißähnlichen Körper, der »prosthetischen« Gruppe bestehen und nach dieser prosthetischen Gruppe eingeteilt werden. In England bezeichnete man als Proteide alle Eiweißkörper im weitesten Sinne, erst in der letzten Zeit bezeichnet man die Eiweißstoffe als Proteine. Im Französischen ist der Name »Substances albuminoides« für alle Eiweißkörper gebräuchlich, doch sind auch Ableitungen von »protéine« üblich.

I. Für die **Einteilung der Eiweißkörper** gilt folgendes Schema. Man unterscheidet drei große Gruppen, nämlich:

1. die einfachen koagulierbaren, genuinen, nativen oder echten Eiweißkörper,
2. Eiweißkörper, die durch Umwandlung oder Spaltung aus den einfachen hervorgehen. Hierher gehören:
   a) Acidalbumine und Alkalialbuminate,
   b) Albuminosen, Peptone und Peptide,
3. die zusammengesetzten Eiweißkörper oder Proteide, die nach ihrer »prosthetischen Gruppe« eingeteilt werden.

Dieses allgemeine Schema läßt sich in folgender Weise im einzelnen differenzieren.

1. Einfache Eiweißkörper.

a) Albumine (Pflanzenalbumin, Legumelin der Bohne, Ricin von Ricinus, Leukosin des Weizens, Cerevisin der Hefe usw.).

b) Globuline. Hierher zahlreiche Pflanzenglobuline, wie z. B. Legumin, Conglutin, Amandin, ferner die kristallinischen Globuline Edestin und Excelsin.

c) Alkohollösliche Pflanzeneiweißstoffe wie Gliadin, Hordein (1), Zein.

d) Histone.

e) Protamine.

f) Gerüsteiweißstoffe (früher Albuminoide). Die Gruppen d—f interessieren die tierische Physiologie und werden hier übergangen.

2. Umwandlungsprodukte der Eiweißkörper.

a) Acidalbumin und Alkalialbuminate.

b) Albuminosen, Peptone und Peptide (Albumosen, Proteosen, in kleiner Menge in Samen).

c) Halogeneiweiße.

3 Proteide oder zusammengesetzte Eiweißkörper.

a) Phosphorproteide [Zymocasein der Hefe; Lüers und Ottensooser (2).]

b) Nucleoproteide der Hefe; Triticonucleinsäure aus Weizenkörnern.

c) Hämoglobin und Verwandte.

d) Glukoproteide, Mucine, Mucoide, Heliocoproteid.
Die Gruppe c) berührt die tierische Physiologie und fällt hier aus.

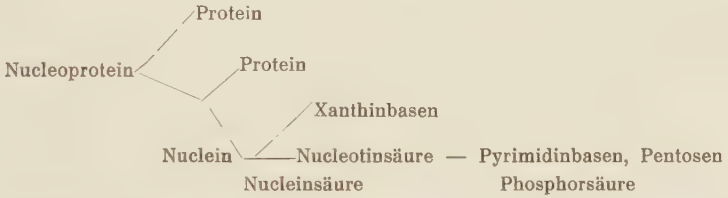
II. Die **elementare Zusammensetzung** der Eiweißkörper ergibt sich aus der folgenden »Normalanalyse«.

C=51—55 %
H=7 %
N=15—19 %
S=0,4—2,5 %
O=20—30 %

Daraus läßt sich folgende Formel berechnen.

$$C_{726}H_{1174}N_{194}S_3O_{214}.$$

Die Phosphoproteide und Nucleoproteide enthalten außerdem noch Phosphor. Dieser ist bei den ersteren vermutlich direkt an einen Bestandteil des Eiweißmoleküls gebunden, bei den letzteren aber an eine Purinbase oder ein Kohlenhydrat, welche die Nucleinsäure zusammensetzten. Der Spaltungsvorgang der Nucleoproteide durch Pepsinsalzsäure läßt sich folgendermaßen darstellen:



III. Farbenreaktionen. Für die Eiweißkörper ist eine Reihe von Farbenreaktionen bezeichnend, von denen zwar keine für sich Eiweiß charakterisiert, die aber, falls mehrere oder alle gefunden werden, einen Körper sicher als Eiweiß definieren. Eine gute Darstellung der Reaktionen der Eiweißkörper befindet sich bei Cohnheim (3), auf die hier eigens verwiesen sei. Eine kleine Übersicht einiger wichtiger Farbenreaktionen ist in folgendem gegeben.

Farbenreaktionen der Eiweißkörper.
(Vorhandensein von bestimmten Aminosäuren.)

Reaktion auf:	Bezeichnung der Reaktion	Ausführung der Reaktion
1. Benzolabkömmlinge und Tryptophan (Indolgruppe)	Xanthoproteinreaktion	Behandlung mit starker Salpetersäure (Nitrierung). Gelbfärbung insbesondere beim Erwärmen, Umschlag nach Orange bei Zugabe von Ammoniak
2. Tyrosin	Millons Reaktion	Eiweiß mit Millons Reagens (Quecksilberlösung in HNO_3 bei Gegenwart von HNO_2) gibt eine rosarotbraune Färbung
3. Tyrosin und Histidin	Paulysche Diazoreaktion	Sodahaltige Eiweißlösung gibt mit Sodalösung und einigen cg Diazobenzolsulfosäure eine kirschrote, beim Ansäuern orangerote Farbe
4. Tryptophan	(Adamkiewicz) Hopkins und Coles Reaktion	Eiweißlösung gibt mit Glyoxylsäure (Filtrat des Reaktionsproduktes von Oxalsäure und Naamalgam) und konz. H_2SO_4 eine blauviolette Färbung
5. SH_2 (Cystein)	Schwefelbleireaktion	Eiweißlösung gibt mit Alkali und Bleisalz beim Erwärmen Braun- oder Schwarzfärbung, schließlich einen Niederschlag von PbS

Fortsetzung der Tabelle Farbenreaktionen der Eiweißkörper.

Reaktion auf:	Bezeichnung der Reaktion	Ausführung der Reaktion
6. Kohlenhydratgruppen (oft als Verunreinigung im Eiweiß)	Molischs Reaktion	Eiweißlösung gibt mit einigen Tropfen einer alkalischen α-Naphthollösung + konz. H_2SO_4 violette Färbung. Zusatz von Alkohol, Äther oder Kalilauge bewirkt Gelbfärbung. Nimmt man statt α-Naphthol Thymol, so erhält man eine karminrote Färbung, die beim Verdünnen grün wird (Furfurolreaktion)
7. Eiweiß zur Abgrenzung gegen seine einfacheren Spaltprodukte	Biuretreaktion	Stark alkalische Eiweißlösung gibt mit wenigen Tropfen verdünnte Kupfersulfatlösung blau bis rotviolette (natives Eiweiß), reinrote (Albumosen, Peptone) Färbung

IV. Die Bausteine der Eiweißkörper sind α-Aminosäuren. Durch den Gehalt an Aminosäuren lassen sich viele Eiweißkörper gut charakterisieren. Den Gehalt einiger pflanzlicher Eiweißkörper an Aminosäuren erkennt man aus der folgenden Tabelle.

	Edestin (Hanf)	Excelsin (Paranuß)	Legumin (Erbse)	Glutenin (Weizen)
Glykokoll	3,8	0,6	0,38	0,89 %
Alanin	3,6	2,33	2,08	4,65 %
Valin	6,2	1,51	—	0,24 %
Leucin	14,5	8,7	8,0	5,95 %
Isoleucin	—	—	—	—
Asparaginsäure	4.5	3.85	5,30	0,91 %
Glutaminsäure	14,5	12,94	16,97	23,42 %
Prolin	1,7	3,65	3,22	4,23 %
Phenylalanin	2,4	3,55	3.75	1.97 %
Tyrosin	2,1	3,03	1,55	4,25 %
Tryptophan	vorhanden			
Histidin	2,19	1,47	1,69	1,76 %
Arginin	14.17	14,29	11,73	4,72 %
Lysin	1,65	1,64	4,98	1,92 %
Serin	—	—	—	—
Cystin	—	—	—	—
Ammoniak	2,28	1,80	2,05	4,01 %

Über die biologische Bedeutung einzelner Aminosäuren siehe weiter unten.

V. Gruppenreaktionen. Über das Verhalten zu Enzymen, über Reaktion, Koagulation, Löslichkeit und Kristallisationsfähigkeit einiger pflanzlicher Eiweißkörper gibt die folgende Übersicht Auskunft.

Eiweißgruppe	Beispiele	Reaktion	Verhalten zu Enzymen	Löslichkeit	Koagulation	Kristallisationsfähigkeit
			A. Einfache Eiweißkörper			
1. Albumine	Leukosin Legumelin Ricin	amphoter. (neutral)	alle proteolytisch. Fermente, ausgenommen Erepsin greifen an	in Wasser u. schwachen Salzlösungen	Hitze	mehrfach bebekannt
2. Globuline	Edestin Glycinin Globulin der Cerealian	schwach sauer	wie Albumine	löslich in Salzlösungen	schwer völlig koagulierbar	vielfach
3. Glutenin	Glutenin Oryzenin	—	wie Albumine	in verdünnten Alkalien und Säuren	—	3 und 4 zusammen als Kleberei-weiß, Gluten bezeichnet
4. Gliadine (Prolamine)	Gliadin Hordein Zein	—	wie Albumine	in 70—80%-igem Alkohol	—	
			B. Zusammengesetzte Eiweißkörper			
5. Nucleoproteide	aus (Hefe, Bakterien)	sauer	Pepsin u. Trypsin liefern Albuminosen, Nucleinsäure bleibt schwerlöslich im Pepsinverdauungsgemisch	Wasser, Salz und Alkalien	verschieden	—

VI. Umwandlungsprodukte.

Von den Umwandlungsprodukten sind die in Wasser (teilweise auch in Alkohol) und Salzlösungen löslichen Peptone zu erwähnen. Bei der Pepsinverdauung entstehen aus Eiweißkörpern 1. Acidalbumine, dann 2. Albumosen (Proto- und Heteroalbumose) und dann die Peptone. Peptone finden sich in vielen Pflanzenteilen in kleiner Menge. Aus 80 kg ungekeimter Lupinensamen wurden z. B. 100 g Pepton gewonnen.

VII. Vorkommen in den Pflanzen.

Die in Pflanzen häufigeren oder wichtigeren Eiweißkörper sind aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen. Dabei ist zu betonen, daß die Gruppen der Prolamine und Glutenine nur bei Pflanzen vorkommen.

1. Albumine (wasserlöslich). Beispiele und Gehalt: Leucosin (Weizen), Samen im Durchschnitt 0,1—0,5 % Albumine. Getreide 0,4 %. Entfetteter Getreideembryo 10 %. In 1 kg Reis 0,4 g Leucosin.

Legumelin	*Pisum sativum*	2 %
„	*Lens esculenta*	1,25%
„	*Vicia faba*	1,25%
„	*Vicia sativa*	1,50%
„	*Phaseolus radiatus*	1,50%
„	*Vigna sinensis*	1,50%

   Ceresin (Hefenalbumin) 10% (Trockenhefe).

2. Globuline (salzlöslich). Globuline der Getreidearten.
   Weizenmehl 0,6% Globulin,
   Roggenmehl 1,7% Globulin (und Albumose),
   Hafer (Avenin),
   Reis 0,14% Globulin (und 0,04% Albumin).
   Globuline der Ölsamen. (Entfettetes Mehl.)
   Haselnuß 30%, Ricinus 5%.
   Globuline der Leguminosen:
   Phaseolin; *Phaseolus vulgaris* mit mehr als 15%. Kristallisiert. Daneben ein zweites Globulin.
   Phaselin in der *Adzuki*-Bohne; *Phas. radiatus*.
   Legumin; Vicilin; Erbse. Legumin in der Hauptsache, auch Legumelin (Albumin) vorhanden.
   Legumin. *Vicia sativa.* Vicilin fehlt. Auch Legumelin (Albumin) vorhanden.
   Vignin. *Vigna sinensis.* Daneben ein zweites Globulin und Legumelin.
   Glycinin. *Soja hispida.* Auch ein zweites Globulin.
   Conglutin α, β. *Lupinus luteus.*
   Globulin der Kartoffel:
   Tuberin. Gehalt etwa 1,5 %.

3. Prolamine. Alkohollöslich (60—70%iger Alkohol).
   Gliadin (Roggen, Weizen, Gerste). Weizenkorn 4,25 % Gliadin, Roggenmehl 4 % Gliadin.
   Hordein (Gliadin der Gerste).
   Zein (Gliadin des Maises).

4. Glutenin (alkalilöslich). Weizen, Roggen. Im Weizenkorn 4—4,5 % Glutenin. Gliadin und Glutenin kommen als Kleber, Klebereiweiß oder Gluten bezeichnet, das die überwiegende Menge des Eiweißes des Weizenmehles ausmacht, vor. Gluten führt auch noch die Bezeichnung Pflanzenleim.

5. Phosphorproteide. Zymokasein (4).

6. Nucleoproteine. Reichlich in Kernen. Wichtiges Ausgangsmaterial die Hefe. Hierher Hefennuclein, Hefennucleinsäure, Triticonucleinsäure im Weizenembryo.
   Futtermittel wie Mohn- und Palmkuchen enthalten ähnliche Nucleoproteide bzw. Nucleine wie Hefe.

7. Glukoproteide. Hierher ein von Ishii aus *Dioscorea*-Knollen beschriebenes Mucin.

Zu dieser Übersicht sei bemerkt:

Albumine finden sich in der Pflanze mehr in der lebenstätigen Zelle (z. B. im Gemüse) denn als Reservestoff. Der Kochschaum der Gemüse- und Obstarten besteht aus Albumin, Leucosin. Im Gegensatz zu den Albuminen stellen die Globuline wertvolle Reservestoffe für die Pflanze und Rohstoffe für den Menschen dar, das Eiweiß der Lupine besteht fast ganz aus Globulinen. Der Teil der Globuline, der in Alkalien löslich ist, wird auch als Pflanzenkasein bezeichnet, solche Globuline werden durch Labenzym koaguliert.

B. Besonderer Teil.

1. Getreideeiweiß, Eiweißpräparate und ihre Bewertung. Die Eiweißkörper der Getreidearten und der Leguminosensamen spielen eine ganz besondere Rolle, sie sind daher im folgenden etwas eingehender behandelt.

Vom Gesamtweizenprotein sind 59—85 % Klebereiweiß, hiervon sind 50—60 % unlöslich in Alkohol (Glutenin); außerdem enthält der Weizen noch Albumine (Leucosin) und Globulin (Edestin).

Roggen enthält 4—5 % Gliadin, ferner Albumin und Edestin.

Die Eiweißkörper der Gerste stehen in folgendem Mengenverhältnis zueinander:

Gesamtprotein	Leucosin (5)	Globulin	Gliadin	Sonstige Proteine
10,75 %	0,3 %	1,95 %	4,0 %	4,5 %

Im Weizenkorn finden sich 0,4 % Leucosin, im Weizenmehl 0,6 % Globulin, im Keim etwa 10 % Albumin. Roggenmehl enthält etwa 0,4 % Leucosin, 1,7 % Globulin und Albumose. Gerste verhält sich ähnlich wie Weizen und Roggen. Im Mais ist der Albumingehalt unsicher, Hafer hat nur Spuren, dagegen viel Globulin und weniger alkohollösliches Eiweiß. Über die Zusammensetzung von Gliadin, Hordein und Zein vgl. man die folgenden Tabellen nächste Spalte oben.

Die Zusammensetzung des Getreidealbumins Leucosin und des Weizenglobulins ergibt sich aus folgender Tabelle von Osborne (6):

Leucosin	C %	H %	NO %	S %
Weizen	53,01	6,83	16,93	1,30
Roggen	52,97	6,79	16,66	1,35
Gerste	52,81	6,78	16,62	1,47
Globulin				
Weizen	51,03	6,85	18,39	0,69
Roggen ganz ähnlich				
Gerste	50,88	6,65	18,70	—
Mais	51,99	6,81	18,02	0,66
Hafer	52,22	6,98	17,02	0,77

Glutenin	Gluten (Kleber, Kleber-eiweiß)	Gliadin Weizen	Hordein Gerste	Zein Mais	
0,89	0,44	—	—	—	Glykokoll
4,65	3,33	2,0	1,34	9,79	Alanin
0,24	0,23	0,21	1,40	8,98	Valin
5,95	5,78	5,61	7,0	19,95	Leucin

Glutein	Gluten	Gliadin Weizen	Hordein Gerste	Zein Mais	
0,91	0,75	0,58	1,32	1,77	Asparaginsäure
23,42	30,38	37,33	43,20	26,17	Glutaminsäure
4,23	5,65	7,06	13,73	9,04	Prolin
—	—	—	—	—	Oxyprolin
1,97	2,16	2,35	5,03	6,55	Phenylalanin
4,25	2,73	1,20	1,67	3,55	Tyrosin
—	—	—	—	—	Tryptophan
1,76	1,19	0,58	1,28	0,82	Histidin
4,72	3,94	3,16	2,16	1,55	Arginin
1,92	0,96	—	—	—	Lysin
—	—	—	—	—	Serin
—	—	—	—	—	Cystin
4,01	4,56	3,11	4,87	3,64	Ammoniak

Albumin des Weizens hat folgende Spaltprodukte nach Osborne:

Glykokoll	0,94	Phenylalanin	3,83 %
Alanin	4,45	Tyrosin	3,34 %
Valin	0,18	Tryptophan	vorh.
Leucin	11,34	Histidin	2,83 %
Asparagins.	3,35	Arginin	5,94 %
Glutaminsäure	6,73	Lysin	2,75 %
Prolin	3,18	Ammoniak	1,41 %

Im Getreidekorn sind als Rohstoffe Gliadine und Glutenine, die zusammen als Gluten oder Kleber oder Klebereiweiß bezeichnet werden, von besonderer Wichtigkeit, da auf dem Vorhandensein von Gluten (Kleber) die Backfähigkeit des Mehles beruht. Mais und Reis eignen sich wegen Mangel an Glutenin nicht zum Brotbacken.

Die Kleberproteine lassen sich hinsichtlich ihrer Löslichkeit in folgender Weise übersichtlich zusammenstellen.

Kleberprotein (7)

Unlöslich in Alkohol	Löslich in Alkohol		
Glutenin (Glutenkasein) Pflanzenfibrin 17,10—17,49 % N	Löslich in 88—90 %igem Alkohol Glutenfibrin 16,86—16,89 % N	Löslich in 60—70 %igem Alkohol Gliadin 17,77—18,01 % N	Löslich in 30—40 %igem Alkohol Mucedin 16,63—16,83 % N
		Prolamine	

Man erhält die Kleberproteine durch Einteigen von Mehl in Wasser und Auswaschen als elastische Masse, die man dann durch Alkohol in eine lösliche Fraktion (Prolamine) und in eine unlösliche (Glutenin, Pflanzenfibrin) trennen kann. Kleberprotein besteht also nach obiger Darstellung aus 4 Bestandteilen.

Der Eiweißgehalt, genauer die Stickstoffsubstanz der Getreidearten, an sich natürlich nach Boden, Düngung, Klima und Sorten sehr verschieden, beträgt für Weizen im Mittel 10,93 % (8,2—14,4 %, steigt in Rußland bis auf 16,75 %), für Roggen 10,58 %, Gerste 10,6 % (Bayern), Hafer 10,25 % und Mais 10,18 %.

Vom Gesamteiweiß des Maiskornes entfallen auf

Globuline, Albumine und Proteosen	21,9%
Zein	41,4%
Glutellin	30,8%
In Alkohol Unlösliches	5,9%

Sehr viele Eiweißpräparate bestehen aus Weizenkleber. Aleuronat enthält 84 % Eiweiß, Glidin (D. R. P. 200 774) hat 81% verdauliches Eiweiß, Roborat 97 %. Aleuronat oder Roborat sind Weizenproteine; Materna der chem. Fabrik von Dr. Klopfer in Dresden ist chemisch unverändertes Eiweiß aus Getreide (Weizenembryonen), hauptsächlich Leucosin. Tutulin (Tritin) ist kleberfrei, Energin besteht aus Reiseiweiß.

Klebereiweiß dient zur Herstellung der Maccaroni (Nudeln), zu Appreturen [(8), D. R. P. 260 414], nach Behandlung mit Formaldehyd zur Herstellung plastischer Massen (D. R. P. 188 340), auch zur Seifenfabrikation, als Klärmittel, in der Zeugdruckerei und als Wienerleim in der Schusterei wird es verwendet.

In diesem Zusammenhange seien gleich einige andere Eiweißpräparate erwähnt. Planose hat Raps, Edon Baumwollsamen, Bioson Kakao zum Ausgang. Aus Leguminoseneiweiß der Sojabohne wird Sartol, vermutlich aus Lupineneiweiß Tropon ($^2/_3$ Lupineneiweiß, $^1/_3$ animalisches Eiweiß) und aus Baumwollsameneiweiß Lactagol hergestellt.

Hier sei auch der Kaloriengehalt (9) einiger wichtiger pflanzlicher Eiweißstoffe angeführt.

Gliadin	5738	Legumelin	5676
Globulin	5358	Legumin	5620
(Weizen)		Conglutin α	5542
Hordein	5916	Conglutin β	5359

Für die Bewertung der Eiweißkörper ist außer ihrem kalorischen Wert ihr biologischer Wirkungsgrad von großer Wichtigkeit. Die biologische Wirksamkeit der Eiweißkörper beruht insbesondere auf ihrem Gehalt an zwei Aminosäuren, nämlich an Lysin und Tryptophan. Diese beiden Aminosäuren müssen daher hier kurz besprochen werden. Lysin (α-ε-Diamincapronsäure, $CH_2NH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CHNH_2—CO\cdot OH$) fehlt z. B. in Gliadin vom Weizen, in Hordein, im Prolamin von Secale; in Zein und im Amandin aus *Amygdalus* kommt es nur zu 0,84 % vor. Viel Lysin findet sich in Phaseolin (4,58 %), im Legumin von *Vicia* (3,99 %), im Vicilin (5,4 %) von *Vicia*, während das Albumin Leucosin des Weizens 2,75 % aufweist. Auch in Kartoffelknollen, in Samen der Kiefer und in Keimpflanzen findet es sich.

Tryptophan, $C_{11}H_{12}N_2O_3$, Indolalanin oder l-β-Indol-α-Aminopropionsäure fehlt auch einigen Eiweißkörpern, so dem Zein, dagegen enthält Edestin 0,378 % [Fasel, Biochem. Zs. **44**, 392 (1912)], Weizengluten 1 %; im übrigen scheint es sonst in kleineren Mengen häufig zu sein. Herzfeld fand z. B. kolorimetrisch folgende Tryptophanmengen:

Conglutin aus *Lupinus luteus*	0,06 %
Legumin aus Erbsen	0,33 %
Edestin aus Ölsamen	0,58 %
Vitellin aus Kürbis	0,30 %
Glutenkasein aus Weizenkleber	0,07 %
Brot mit 70 % Trockensubstanz	0,03 %

Es hat sich nun bei Fütterungsversuchen ergeben, daß Tiere, die nur mit einem einzigen Eiweiß ernährt wurden, ihren Körperbestand nicht erhalten oder nicht wachsen konnten, wenn dem betreffenden Eiweißkörper Tryptophan oder Lysin fehlten, daß dagegen nach Zufuhr von Tryptophan bzw. Lysin keine Störungen auftraten, Insbesondere gilt dies für das tryptophanfreie Zein.

Nach den ausgedehnten Versuchen von Osborne und Mendel ordnen sich die einzelnen Eiweißkörper, wenn als alleinige Nährstoffe gegeben, in folgender

Reihe steigender biologischer Wertigkeit an.

Unbrauchbar Zein, da tryptophanfrei, schlecht Phaseolin und Conglutin.

Steigend brauchbar:
Gliadin (Roggen), Hordein, Legumin (Erbse), Gliadin (Weizen), Vignin (Kuhbohne), Legumelin der Leguminosen, Glutelin, Edestin (Hanf), Glycinin (Sojabohne), Glutelin (Weizen), Excelsin (Paranuß, *Bertholletia excelsa*), Globulin des Kürbis. Zu diesen Erscheinungen s. a. Vitamine.

2. Leguminoseneiweiß. Außer dem Getreideeiweiß ist das Eiweiß der Leguminosen, insbesondere von *Lupinus* von Wichtigkeit. In der gelben Lupine finden sich [nach Schulze (10)] :

	Im Samen %	In der Samenschale %	Im ganzen Samen %
Eiweißstoffe	44,48	3,80	36,79
Nuclein	0,08	0,88	0,67
Pepton	kleine Mengen (nach Mack)		

Für das die Hauptmasse des Lupineneiweiß ausmachende Globulin hat Osborne (11) den Namen Conglutin reserviert. In Lupinensamen finden sich zwei Conglutine, Conglutin α und β, die durch ihre Löslichkeit und Hitzekoagulationsfähigkeit unterschieden sind, wie die folgende Tabelle zeigt.

	Elementare Zusammensetzung	Löslichkeit	Hitzekoagulation
α)	C 51,75%; H 6,87; N 17,37; O 23,10; S 0,62	In NaCl-Lösung gering	Eine 5%ige Lösung wird bei 100° unmerklich trüb und gelatiniert beim Erkalten
β)	C 49,91%; H 6,81; N 18,40; O 23,21; S 1,67	In NaCl-Lösung gut	Eine 5%ige Lösung wird bei 94° C trüb

Conglutin α und Conglutin β der gelben Lupine unterscheiden sich weiter wie folgt voneinander:

α		β
20,96 %	Glutaminsäure	30,05 %
2,55 %	Ammoniak	3,2 %

Der Gehalt an Eiweiß weiterer wichtiger pflanzlicher Rohstoffe aus der Gruppe der Leguminosen ist aus den folgenden Übersichten zu erkennen, wobei allerdings zu bemerken ist, daß es sich vielfach nur um aus dem Stickstoffgehalt »errechnetes Eiweiß« handelt.

Der Eiweißgehalt (bzw. Rohproteingehalt) von beträgt z. B.:

a) Heu	Rohprotein	Stickstoff
Medicago sativa	13,1—19,7%	2,36%
M. lupulina	11,8—21,1%	2,40%
Trifolium pratense	8,1—11,2%	—
Tr. repens	7,7—17,0%	—
Tr. alpinum	19.9%	3,2 %
Anthyllis vulneraria	7,8—12,7%	2,1-2,3
Lotus corniculatus	7,3—13,6%	2,5 %
Astragalus frigidus	17,7%	2,8 %
As. campestris	19,7%	3,1 %
Onobrychis vicifolia	12,8—17,1%	—
Hedysarum obscurum	22,2%	3,6 %
Medicago falcata	18,9%	3,02%

b) Samen von Leguminosen.

Roheiweiß	
Cicer arietinum (12) (Kichererbse)	17,4—23,2%
Lens esculenta	25,94 %
Vicia sativa	27,5—29 %
Vicia faba	17 —31,5%
Phaseolus vulgaris	18,4—31,5%
Grüne Erbsen	18,3—25,9%
Lupinus luteus (13)	38,25 %
L. angustifolius	29,52 %
L. perennis	38,66 %
L. mutabilis var. Cruckshanksii	41,59 %

Besondere Bestandteile obiger Eiweißkörper:

Legumin, Vicilin, Legumelin, Proteose. Phytin (*Lens esculeata*).
25,5% Legumin, Legumelin und Proteose; 2,3% Nuclein (*Vicia sativa*).
Legumin, Vicilin, Legumelin, Proteose. Phaseolin (Globulin) (*Vicia faba*).

Die Hauptmasse des Lupineneiweißes besteht aus den Globulinen Conglutin α und Conglutin β. Auch in den Samen der anderen Leguminosen finden sich hauptsächlich Globuline, und zwar meist in großer Menge, so daß die Leguminosen

als wertvolle Rohstofflieferanten für Eiweiß eine vielfache Verwendung finden.

3. Kartoffeln, Obst, Gemüse. Ein für die menschliche und tierische Ernährung wichtiger Eiweißlieferant ist trotz des geringen Eiweißgehaltes die Kartoffel. Sie enthält in der Frischsubstanz 1,2—3,2 % Stickstoffsubstanz, im Mittel etwa 2 %. Vom Eiweißgehalt der Kartoffel sind 50—60 % Albumin, etwas Globulin, nämlich das sogenannte »Tuberin« und Spuren Pepton.

Stein- und Kernobst enthält hauptsächlich Albumin. Der Gehalt an Stickstoffsubstanz im Frischgewicht einiger häufiger Gemüse- und Obstsorten ist aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen.

Gemüse und Obst.

Kartoffel	2 %	Stickstoffsubstanz
Möhren	1,18%	„ „
Radieschen	1,23%	„ „
Zwiebeln	1,30—2,68%	„
Knoblauch	6,76%	„ „
Blumenkohl	2,48%	„ „
Blaukraut	1,67%	„ „
Kopfsalat	1,42%	„ „
Äpfel	0,41%	„ „
Birnen	0,41%	„ „

4. Pilzeiweiß findet sich in eingedickten wässrigen Pilzauszügen, die als Pilzwürzen mehrfach im Handel sind. Die Zusammensetzung des *Boletus edulis*, soweit Eiweiß und eiweißähnliche Verbindungen in Betracht kommen, ist folgende.

Vom Gesamtstickstoffgehalt (5,67 % N) entfallen (7) auf

Protein	Basen	Aminosäuren	Ammoniak
64,75	14,79	18,12	2,34 %

Die allgemeine Verteilung des Stickstoffgehaltes der Pilze ist folgende:

Protein N %	Aminosäure N %	Säureamid N %	Ammoniak N %
62,88	6,10—13,8	11,70—12,57	0,18—2,34

Den Roheiweißgehalt einiger Pilze zeigt folgende Tabelle.

Boletus edulis	41,15%
Psalliota campestris	43,57%
Helvella exculenta	30,13%
Polyporus ovinus	11,96%
Eierschwamm	25,80%
Trüffel (*Tuber cibarium*)	26,98%
Psalliota campestris (Champignon)	41,69%

5. Algen und Flechten. Über die Stickstoffsubstanz einiger in Japan vielfach gegessener Algen sowie der *Cetraria islandica* gibt die folgende Zusammenstellung Auskunft.

Stickstoffsubstanz in der natürlichen Trockensubstanz.

a) Algen:		
Porphyra vulgaris »Asa Kusa mori«	33,75	39,25%
Enteromorpha compressa »Awo-mori«	16,07	18,58%
Capea elongata »Arame«	10,07	12,19%
b) Flechten:		
Cetraria islandica	2,19	2,63%

6. Hefeneiweiß. Eine besonders wichtige Quelle für Eiweiß und eiweißhaltige Rohstoffe und Präparate ist die Hefe. In der Hefe liegt folgende Eiweißverteilung vor:

Stickstoffsubstanz in der Trockensubstanz [nach König (7)]:

Magerhefe	30%
Eiweißhefe	75%
Mittel	45%

Von der Stickstoffsubstanz sind:

36% Albumin
9% Glutenkasein
2% Pepton
25% Nuclein

Aus Trockenhefe läßt sich nach Lüers und Ottensooser (4) 10% Albumin (Cerevisin) und 3% Zymokasein (Phosphorproteid) gewinnen.

Die Nucleine werden durch Pepsin oder Trypsin nur schwer gelöst, sie liefern bei der Hydrolyse Hefenucleinsäure

$$C_{38}H_{49}N_{15}O_{29}P_4 \quad (14),$$

die bei weiterer Behandlung in Kohlenhydrat und Plasminsäure zerfällt. Hefeneiweiß spielt eine ganz besondere Rolle bei der Herstelllung eiweißhaltiger Nahrungsmittel, insbesondere des Hefenextraktes. Die Unterschiede des Hefenextraktes gegenüber Rindfleischextrakt beruhen auf dem Fehlen von Kreatin und Kreatinin im Hefenextrakt, wie die folgende Analyse zeigt:

	N %	Proteose %	Xanthinbasen %	Aminosäuren %	Kreatin %	Kreatinin %	Asche %	Kochsalz %
Rindfleischextrakt	11,82	0,55	0,88	8,37	3,32	3,16	20,9	2,47
Hefenextrakt	7,43	0,49	0,85	4,32	0	0	28,87	2,84

Die eiweißreiche Hefe (s. a. Hefe) dient zu vielen Eiweißpräparaten, insbesondere die Hefennucleinsäure. So findet z. B. Hefennucleinsäure (Rhomnol) Anwendung als Nervinum und Tonikum, das Natriumsalz (Phagocytin) zu subkutanen Injektionen und Nucleogen (Eisensalz) dient wieder als Tonikum.

7. Giftige Albumine. Ein außerordentlich giftiges Eiweiß (Albumin) findet sich im Samen von Ricinus, das sogenannte Ricin. Es stellt ein weißes, in 10%iger Kochsalzlösung lösliches Pulver dar. Die große Giftigkeit der Samen von Ricinus beruht auf ihrem Ricingehalt. Schon 3 Samen können einen Menschen töten. Ricin ist ein vegetabilisches Agglutinin. Über seine Darstellung vgl. man Kobert (15) und Karrer (16). An Ricin schließt sich das ebenfalls sehr giftige Abrin (aus *Abrus precatorius*, Jequirity) an, und Crotin, ebenfalls ein höchst giftiger Eiweißkörper aus den Samen von *Croton tiglium*, das ein vegetabilisches Agglutinin ist und im übrigen auch Milch roh und gekocht zum Gerinnen bringt.

Daß aus Sojabohnen und anderen Leguminosen (17) Agglutinine hergestellt werden, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

C. Literatur.

1. Hordein = Bynin nach Lüers, Biochem. Ztschr. **96** (1919), 117; **133** (1922), 609.
2. Lüers und Ottensooser, Biochem. Ztschr. **148** (1924), 130.
3. Cohnheim (jetzt Kestner), Chemie d. Eiweißkörper. Vgl. auch: Eiweiß in Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie, ferner die Darstellungen von Osborne u. a. in Abderhalden, Biochem. Handlexikon u. Osborne in Abderhaldens Biochem. Arbeitsmethoden (1910), II, 270. Nach der technischen Seite hin vgl. Krais, Werkstoffe (1921), I.
4. Über das Eiweiß der Hefe s. P. Thomas, Recherches biochimiques sur les proteiques de la levure, Laval (1913).
   A. Fodor, Kolloidztschr. **27** (1920), 58; **29** (1921), 20.
   Lüers u. Schuster, ebenda **32** (1923), 334.
   J. Bayer, Diss. Techn. Hochschule München 1923.
   J. Meisenheimer, Z. phys. Chem. (1919), 104, 229.
   Lüers u. Ottensooser, Biochem. Ztschr. **148** (1924), 130.
5. Über Leucosin der Gerste s. Lüers u. Landauer, Biochem. Ztschr. **133** (1922), 598.
6. T. B. Osborne u. S. H. Clapp, Journ. Physiol. **17** (1906), 231; **23** (1908), 108.
7. J. König, Chemie der menschl. Nahrungs- u. Genußmittel, Berlin, 5. Aufl.
8. Über Kleberverwertung u. Patente s. Krais, Werkstoffe (1921) I, 322 u. Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie unter Eiweiß.
9. Benedikt u. Osborne, Journ. biol. Chem. **3** (1907), 119.
10. E. Schulze, Landw. Versuchsst. **5** (1876); vgl. auch F. Boas u. Merkenschlager, Die Lupine, Berlin (1923) und Winkel, Die Lupine (Berlin 1921). Über Lupinenpepton s. Mack, Ztschr. f. physiol. Chem. (1904), 259.
11. Osborne, Journ. Am. Chem. Soc. **19** (1897), 454.
12. Zlataroff, Ztschr. f. Biochemie **75** (1916), 200, gibt 19,06 % Reineiweiß an.
13. Boas u. Merkenschlager, Die Lupine Berlin (1923). Hier s. ausführliche Angaben über die ganze Eiweißliteratur der Lupine.
14. Jones u. Richards, Journ. Biol. Chem. (1914), 1771; Steudel u. Peiser, Ztschr. physiol. Chem. **108** (1919), 42.
15. R. Kobert, Landw. Versuchsst. **79** (1917), 97.
16. Karrer u. Mitarbeiter, Ztschr. physiol. Chem. **135** (1924), 129. S. a. Mercks Ber. 1889, 1891, 1897, 1899, 1901—1907.
17. R. Kobert, Landw. Versuchsst. **71** (1909), 25 (Phasin); Wienhaus, Biochem. Ztschr. **18** (1909), 228 (Phasin).

F. Boas.

Enzyme.

(F. Boas.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	199
I. Einleitung	199
II. Einteilung	200
B. Besonderer Teil	200
1. Esterasen	200
2. Carbohydrasen	201
a) Polysaccharasen	201
b) Trisaccharasen	202
c) Disaccharasen	203
d) Monosaccharasen	203
e) Glukosidasen	204
3. Proteasen	205
4. Oxydasen	206
5. Labenzym, Chymosin	206
6. Reduktasen	208
7. Phosphatese	209
C. Literatur	209

A. Allgemeiner Teil.

I. Einleitung. Enzyme sind nach C. Oppenheimer (1) katalytisch wirkende Substanzen, die von lebenden Zellen erzeugt werden, ohne daß ihre Wirkung an den Lebensprozeß als solchen gebunden ist. Die Bezeichnung »Enzyme« führte Kühne ein, der damit die von der Zelle gebildeten Katalysatoren, die sogenannten »geformten oder organisierten Fermente« von den ungeformten Fermenten, die ohne Kontakt mit der lebenden Zelle wirken, zu trennen suchte. Heute sind beide Begriffe gleichwertig, nur ist das Wort Ferment älter. Die Fermente sind imstande, chemische Prozesse auszulösen, die auch von selbst, wenn auch in langsamerem Verlaufe, einzutreten bestrebt sind. Das Enzym selbst bleibt bei diesem Prozeß unverändert, und zwar wirkt es nur auf Stoffe von ganz bestimmter struktureller und stereochemischer Anordnung ein. Der Begriff Enzym fällt unter den weiteren Begriff: Katalysator [Euler (1)].

Vielleicht sind die Enzyme, wie Fodor (1) zu beweisen sucht, nur besondere Zustandsformen (Verteilungsgrade) eiweißähnlicher Verbindungen, die durch bestimmte Kristalloide in Aktivität gehalten werden. Hierfür spricht die Aufteilung z. B. der Diastase in einen organischen, thermolabilen und in einen anorganischen thermostabilen Bestandteil. Ähnliches gilt von dem Coenzym der Zymase.

Schon sehr kleine Enzymmengen sind äußerst wirksam. So soll nach Sullivan und Thompson (2) 1 Teil Invertin (Saccharase) 100 000 Teile Rohrzucker in Invertzucker verwandeln. Bisweilen erzeugt eine Zelle nicht das fertige Enzym, sondern sogenannte Vorstufen, Proenzyme oder Zymogene, die erst durch besondere Stoffe, Kinasen oder Aktivatoren in Enzyme übergehen. Die Mehrzahl der Enzyme übt eine hydrolytische, andere üben oxydierende, reduzierende, und einige wenige bekannte eine synthetische Wirkung aus. Zu den synthetisierenden Enzymen gehört das Phosphateseenzym der Hefe, obwohl die Existenz dieses Enzyms noch nicht absolut feststeht.

Man erhält Enzyme durch Auspressen der Zellen unter hohem Druck (Preßsäfte, die eventuell durch Dialysieren usw. gereinigt werden oder aus denen das Enzym durch Alkohol gefällt werden kann), durch Autolyse, durch Ausziehen zerkleinerter, gemahlener, eventuell entfetteter Organe mit Wasser, Glyzerin (Wittichs Methode), Chloroformwasser, Alkalien (Willstätters Emulsin Maltase), durch Verflüssigung der Zellen mit Essigester (Willstätter), durch Adsorption an Kaolin und nachfolgende Elution [Willstätter (3), v. Euler (4)] und durch andere Methoden.

Durch Ammonsulfat können sie ausgesalzen werden, durch Kohle, Bolus und andere feinverteilte Stoffe werden sie absorbiert. Erwärmen der Enzymlösungen über 60—70° schädigt meist schon stark, scharfe Ultrafiltration inaktiviert die Enzyme. Die Vereinigung von Filtrat und Rückstand aktiviert wieder. Ausgesprochene Enzymgifte sind Formaldehyd, Fluoride, Quecksilbersalze, Phenol usw.

II. Einteilung. Für die vorliegende Darstellung der Enzyme kommen in Betracht:

1. Esterasen: Lipase; sie wandelt Fette in Glyzerin und Fettsäure um. An die fettspaltenden Esterasen lassen sich die gerbstoffspaltenden Enzyme (Tannase) anschließen, da E. Fischer in den Gerbstoffen Ester besonderer Art erkannt hat. Die Chlorophyllase und die organische Phosphorsäure- und Schwefelsäureester spaltenden Enzyme gehören systematisch ebenfalls hierher. Es sind dies die Phosphatasen, wie Glyzero-, Hexo-, Saccharo-, Amygdalophosphatase, Phytase, Aminophosphatase und Sulfatase. Ob die synthetisierende Phosphatase ein eigenes Enzym darstellt oder ob nur die Umkehrung des Vorgangs durch dasselbe Enzym vorliegt, ist strittig. (Zymophosphatase Eulers.)
2. Carbohydrasen: Hierher gehören die zahlreichen Enzyme, die bei der Umwandlung der Kohlehydrate eine ausgedehnte Rolle spielen, insbesondere
   a) Polysaccharasen: Cellulase, Inulase, Amylase (Diastase);
   b) Trisaccharasen: Raffinase spaltet Raffinose in Melibiose und Fruktose.
   c) Disaccharasen: Maltase spaltet Maltose in 2 Moleküle Glukose; Invertin (Saccharase, Sucrase) spaltet Rohrzucker (Saccharose) in Invertzucker (Glukose und Lävulose).
   d) Monosaccharasen: Zymase, der Enzymkomplex der alkoholischen Gärung, bei der aus Dextrose, Lävulose und Galaktose zu annähernd gleichen Teilen Alkohol und Kohlendioxyd entstehen; Carboxylase, ein Enzym, das bei der alkoholischen Gärung aus Benztraubensäure $CH_3CO \cdot COOH$, Azetaldehyd und Kohlendioxyd bildet.
   e) Glukosidasen: sie spalten Glukoside; Emulsin spaltet Amygdalin in Blausäure, Benzaldehyd und Dextrose; Myrosinase (auch Myrosin genannt) oder Sinigrinase spaltet Cruciferenglukoside (Senfölglukoside) in Allylsenföl, Dextrose und saures Kaliumsulfat.
3. Proteasen, eiweißspaltende Enzyme; Samenproteasen, Endotryptase der Hefe; Papayotin (Papain, Caricin) des Melonenbaumes; Bromelin in Bromeliaceen, die Proteasen der Insektivoren. An die Proteasen schließt sich an Urease, welche Harnstoff spaltet.
4. Atmungfermente (Oxydasen); Laccase im Milchsaft des Lackbaumes; Oxydasen in vielen höheren Pilzen, Tyrosinase u. a.

Von sonstigen Enzymen sind technisch bzw. als pflanzliche Rohstoffe von Wichtigkeit:

5. Labenzym, Chymosin; sie flocken Eiweiß in Milch bzw. pflanzliches Eiweiß aus.
6. Reduktasen; sie bewirken zahlreiche Reduktionsvorgänge, die auch technisches Interesse haben, wie z. B. die Schwefelwasserstoffbildung bei Gärungsprozessen.
7. Phosphatese, ein synthetisierendes Enzym in der Hefe.

B. Besonderer Teil.

1. Esterasen im engeren Sinn. Lipasen spalten Fette in Glyzerin und Fettsäuren. Von den Lipasen des Pflanzenreiches sind besonders die der *Euphorbiaceen*, namentlich die Ricinuslipase wichtig. Die hervorragend fettspaltende Wirkung der Ricinuslipase wurde von Connstein (5), Hoyer und Wartenberg genau untersucht. Die Lipase spaltet nach den genannten Autoren alle technisch in Betracht kommenden Fette, wenn auch mit verschiedener Geschwindigkeit. Außer der technisch wichtigen Ricinuslipase enthalten noch viele andere Pflanzen bzw. ölhaltige Samen Lipasen, z. B. *Chelidonium majus* ein sehr wirksames (6), ferner Lein, Mandeln, Sojabohnen (7) [sehr wirksam], Erdnuß, Kokosnuß, Kolanuß u. a. (8).

Zur Darstellung von Ricinuslipase nach D. E. Halevy und J. F. Lyman [Journ. Amer. Chem. Soc. **43** (1921), 2664—70] werden zerkleinerte Kerne mit Petroläther erschöpft, das Lipasezymogen der Samenreste ist in einem Gemisch von Olivenöl und Äther zum Teil löslich. Willstätter (9) stellt aus 1 kg Ricinussamen durch Verreiben mit 14 kg

Wasser eine Milch her, die scharf zentrifugiert wird. Die abgehobene Sahne wird mit 333 g Kieselgur verrieben, mit Azeton, Alkohol u. dgl. entfettet und getrocknet. Falk geht von Sojabohnen aus. Die technische Verwertung der enzymatischen Fettspaltung nach Connstein, Hoyer und Wartenberg ist in D. R. P. 145 413 und 147 757 vom Jahre 1902 niedergelegt.

Die Nicloux schen Patente über Ricinuslipase sind D. R. P. 188 511 und 191 113 vom Jahre 1904 bzw. 1905.

Daß in niederen Pflanzen reichlich Lipasen vorkommen, sei nur kurz erwähnt. Ob die Lipasen auch Lecithin spalten oder ob es eigene Lecithasen gibt, ist strittig. In der Takadiastase findet sich nach Akamatsee eine kräftige Lecithase. Nach meinen Beobachtungen scheint *Cladosporium* besonders intensiv spaltend auf Lecithin einzuwirken; ob durch Lecithase ist unsicher.

Esterasen im weiteren Sinn:

Tannase (47) spaltet aus Tannin, aus hydrolysierbaren Gerbstoffen, wie aus dem türkischen und chinesischen Tannin Gallussäure ab. Als wichtige Tannaselieferanten erscheinen zwei Mikroorganismen, nämlich *Aspergillus niger* (48) und Bäckerhefe (49). *Aspergillus niger* — *Asp. gallomyces* bei Calmette (D. R. P. 129 614 Kl. 12q. 1902) ist untergetaucht wirksamer, als wenn das Myzel an der Oberfläche wächst.

2. Carbohydrasen. a) Polysaccharasen. Amylasen (Diastasen) die stärkeabbauenden Enzyme spalten Stärke bzw. Glykogen (dann Glykogenasen genannt) in Maltose und Dextrine. Das wichtige Endprodukt ist Maltose.

Als Hauptlieferanten pflanzlicher Amylasen kommen folgende Pflanzen in Betracht:

α) In Phanerogamen:

1. die Samen zahlreicher Gramineen, insbesondere die Gerste, die als Malz Amylase in großen Mengen für technische Verzuckerungen, vielfach als Malzauszug benutzt, liefert.

Die Verteilung der Diastase im Gerstenkorn ergibt sich aus folgender Übersicht. Setzt man die Gesamtmenge an Diastase (diastatische Wirkung, ermittelt durch die Reduktionsmethode) des ganzen Korns nach 7tägiger Keimdauer gleich 100, so findet sich Diastase

in der unteren Endospermschicht	69,9
in der oberen Endospermschicht	25,2
im Schildchen als Sekretionsdiastase	3,9
im Würzelchen	0,6
im Blattkeim als Translokationsdiastase	0,4

(aus Lintner: Grundriß der Bierbrauerei, nach Brown und Morris: Zs. ges. Brauwesen, 1896).

Die zahlreichen Diastase-(Amylase-)vorkommen in Blättern, Rüben, Wurzeln, Knollen (z. B. Kartoffelknollen) spielen keine irgendwie wichtige technische Rolle. Über die weite Verbreitung der Amylasen und ihr Schrifttum vgl. man Sjöberg (9a).

β) In Kryptogamen:

Wichtige technische Diastase liefernde Kryptogamen sind folgende Artgruppen:

1. *Rhizopus-* oder *Amylomyces*-Arten. Das Amyloverfahren der Brennereien beruht auf dem reichen Vorkommen von Diastasen in einzelnen *Rhizopus*-Arten.
2. *Aspergillus*-Arten; insbesondere *Aspergillus oryzae*, der die Takadiastase des Handels liefert.
3. Pilzgemische, bestehend aus verschiedenen Pilzen bzw. Auszügen aus ihnen und ihrem Kultursubstrat nach Takamines Patent (10).

Diastase aus Phanerogamen stellt man nach Lintner (11) her, indem man 1 Teil Gerstengrünmalz 24 Stunden mit 24 Teilen 20%igen Alkohols auszieht und den Auszug mit dem 2—2,5fachen Volumen absoluten Äthers fällt. Der abdekantierte Niederschlag wird mit absolutem Alkohol verrieben und gewaschen, mit Äther zerrieben, abgesogen und im Vakuum über Schwefelsäure getrocknet. Das so erhaltene gelblichweiße Pulver enthält 16 % Asche, besonders Kalziumphosphat. Durch Umfällen und Dialysieren wurde der Aschengehalt auf 5% herabgedrückt. Osborne und Campbell (12) stellten Diastase durch Fällung mit Ammonsulfat her. Besonders reine Diastase erhielt Sherman (11).

Im Handel befindet sich Diastase z. B. als Maltin, ferner in zahlreichen Malzpräparaten, erwähnt sei Maltyl Gehe, in Malzextrakten, Biomalz, Diamalt und Diastafor der Diamalt-A.-G. Allach bei München. Über die Herstellung von Malzextrakten aus Malzschrot für die Bäckerei siehe D. R. P. 148 844. Diastafor wird in der Textilindustrie sowohl zur Herstellung von Appretur aus Stärke als auch zum Entschlichten verwendet. Auch als Zusatz zu Bleichlösungen nach D. R. P. 279 993, Kl. 8, vom Jahre 1914 wird Diastafor verwendet.

In der Medizin finden Diastasepräparate (z. B. Diastasetabletten und Maltin, letzteres aus Diastase mit 33 % Milchzucker bestehend) bei Insuffizienz der Verdauungsorgane als verdauungsbefördernde Mittel Anwendung. Ähnlich wird Takadiastase benutzt.

Technische Takadiastase ist gleich Koji. »Reine« Takadiastase ist ein weißgelbes, stark hygroskopisches Pulver. Ein besonderes Takapräparat ist das von Takamine jr. und Kokichi Oshima genauer untersuchte Polyzima (13). Takadiastase enthält übrigens zahlreiche Enzyme, wie Inulase, Emulsin, Sulfatase, Lecithase usw.

Diastase findet sich natürlich in vielen Organ- und Zellpräparaten, so auch in dem von Eißler und Portheim aus Bohnen dargestellten Insulin [Eißler und Portheim, Biochem. Zs. **148** (1924), 566].

Amylasen in Kryptogamen. Unter den Kryptogamen spielen gewisse Mucorineen in der Stärkeverzuckerung eine erhebliche Rolle. Wichtig sind folgende Arten:

Mucor (*Amylomyces*) *Rouxii* (14), der aus der »tonkinesischen Hefe« isoliert wurde, *Mucor alternans* (15), *Rhizopus oryzae* und *Chlamydomucor oryzae* (16), *Rh. tonkinensis* (17), *Rh. japonicus* (17) und *Rh. japonicus* [(18), *Rh. tonkinensis* Krill = *Amylomyces-γ*].

Von ganz besonderer Bedeutung sind außer den Mucorineen Vertreter der Aspergillaceen, insbesondere *Aspergillus oryzae*, der die viel verwendete und viel untersuchte Takadiastase erzeugt und der bei der Bereitung von Soja Miso (Bohnenbrei) und Saké (Reisbier) als »Koji« in Ostasien (Japan) eine bedeutende Rolle spielt. Koji ist gedämpfter Reis, der vom Myzel des stark amylolitischen *Aspergillus oryzae* durchwuchert ist.

Auch die chinesische Hefe (19) ist in der Hauptsache ein Gemisch von stark amylasebildenden Pilzen (*Aspergillus oryzae, Rhizopus tritici, Rh. tamari* und *Monascus purpureus*). Ferner finden sich je nach der Herkunft noch *Rhizopus cambodja* (aus Cambodja) und *Mucor Rouxii* aus chinesischer Hefe aus Saigon.

Andere technisch wichtige *Aspergillus*-Arten (20) sind *Aspergillus luchuensis* und *Asperg. perniciosus*, die als Stärkeverzuckerer bei der Herstellung des »Awamori«-Getränkes auf Formosa eine Rolle spielen, genau so wie *Aspergillus oryzae*-Massen als »Koji«, als Stärkeverzuckerer bei der Sakébereitung. Außer *Aspergillus*-Arten spielen, wie schon erwähnt, Mucorineen als Diastaselieferanten eine erhebliche Rolle. In der Brennerei dient im sogenannten Amyloverfahren *Amylomyces* (*Mucor*) *Rouxii* als Stärkeverzuckerer (21). Auf die Arbeit Calmettes wurde schon hingewiesen.

Daß in vielen anderen Mikroorganismen Diastasen vorkommen, sei nur kurz erwähnt. In der Hefe fehlt Diastase; dagegen spaltet die Glykogenase den Reservestoff der Hefe, das Glykogen.

Auf zellulosespaltende Enzyme, Cellulase (Cytase), sei nur kurz hingewiesen. Cellulasen (Cytasen) kommen in niederen und höheren Pflanzen vielfach vor, sie bringen Zellulose in Lösung. Erwähnt seien die Cellulasen der holzzerstörenden *Hyphomyceten* (22) und ferner die bei der Keimung der höheren Pflanzen auftretenden Hemicellulasen (23), die ebenfalls, wenn auch in verschiedenem Grade, die Zellwände zur Lösung bringen. Reich an Hemicellulasen sind die Samen der Gramineen. Die Cellulase von *Livingstonia humilis* hat Green (24) genauer studiert. Von Wichtigkeit ist die Cytase des Malzes, d. h. der Gerste, da die Cytase die »Auflösung« des Malzes bedingt.

b) Trisaccharasen.

Raffinase, ein relativ weitverbreitetes Enzym, spaltet Raffinose $C_{18}H_{32}O_{16}$ (Melitriose) in Fruktose und Melibiose. Für die physiologische Unterscheidung der Ober- von der Unterhefe

ist das Raffinoseverfahren wichtig. Unterhefe vergärt nämlich Raffinose ganz, weil sie noch das Enzym Melibiase besitzt, welches Melibiose in Galaktose und Glukose weiterspaltet, während Oberhefen nur Raffinase besitzen, also bei einer vergleichenden Gärprobe nur etwa ein Drittel der von Unterhefe aus Raffinose gebildeten CO_2 entwickeln. Diese Gärprobe ist übrigens ziemlich kritisch auszuführen, da sie viel Erfahrung in Gärversuchen erfordert. Die Existenz der Raffinase bzw. der Melibiase ist erst neuerdings durch Willstätter und Kuhn sichergestellt worden.

c) Disaccharasen.

Eine erhebliche Rolle im Maltose verarbeitenden Gärungs- und stärkeverarbeitenden Gewerbe spielt Maltase, die Maltose in gärfähigen Zucker , in 2 Moleküle Glukose spaltet. Maltase findet sich in geringer Menge im Malz, im Mais (25), reichlich kommt sie in Kulturhefen, wenn auch da wieder in verschiedenem Grade vor. Maltasefreie Hefen sind *Saccharomyces Marxianus* (26), *S. exiguus, S. apiculatus* Klöcker. Die Kenntnis der Maltase, ihrer großen Empfindlichkeit gegen Säure und bequeme Herstellungsmethoden verdankt man den Arbeiten Willstätters (27) und seiner Mitarbeiter.

Invertin (Saccharase, Sucrase) findet sich in der Natur in Kryptogamen wie in Phanerogamen häufig. Sie spaltet Saccharose in Glukose und Lävulose (Invertzucker) und spielt im Gärungsgewerbe eine große Rolle, obwohl Willstätter (28) annimmt, daß Disaccharide auch direkt vergoren werden können.

Zur Isolierung der Saccharase sind verschiedene Verfahren eingeschlagen worden (Zerstörung der Zellstruktur, Autolyse). Der Weg der beschleunigten Autolyse führt nach Willstätter (29) und Racke am besten zum Ziel. Frische Hefe wird mit Essigester und Toluol verflüssigt; aus Trockenhefe erhält man mit Wasser bei Toluolgegenwart gute Präparate, besonders wenn man für Neutralisation sorgt. Auf die älteren Darstellungsweisen von Donath (30), der mit Alkohol erschöpfte Hefe mit Wasser auszieht und von Osborne (31), der Hefe mit 96%igem Alkohol extrahiert, den Rückstand 6 Tage mit Chloroformwasser erschöpft und das Filtrat mit Alkohol fällt, sei nur kurz hingewiesen.

Auf einfache Weise erhält man Invertin, indem man Hefe in Flaschen mit reichlich Toluol (30—40 ccm) versetzt, und bei 22—30° C der Selbstverdauung unterwirft, nach 15 Tagen ist die Hefe völlig flüssig. Man filtriert durch den Buchnerschen Apparat, das Filtrat ist sehr wirksam und maltase- und zymasefrei (32).

d) Monosaccharasen (Gärungsenzyme).

Zymasen spalten Zucker (Hexosen) in Alkohol und Kohlendioxyd. Über die Einfügung des Carboxylaseenzyms in den Zymasekomplex vgl. man die zahlreichen Arbeiten Neubergs (33) und seiner Schule. Die Abtrennung des Zymaseenzyms von der Zelle gelang Ed. Buchner (34) 1896. Zymase läßt sich durch Filtration (Gelatinefilter, Pergamentfilter) in einen inaktiven Rückstand und in ein unwirksames Filtrat zerlegen. Rückstand und Filtrat, das sogenannte Coenzym, geben wieder Gärung (35).

Als Zymaselieferanten kommen die Hefen (s. d.) in Betracht, sei es als frische, als Preß-, als Trocken- bzw. Dauerhefen bzw. als Lieferanten für den Hefenmazerationssaft nach Lebedew.

Zymase ist übrigens in vielen Organismen und Organen weitverbreitet, ohne daß sie eine Rolle als Rohstoff spielt. In der Kartoffelknolle und in Zuckerrüben untersuchte sie J. Bodnar (36), über ihr Vorkommen an Leguminosensamen vgl. man die Monographie der Lupine von Boas (37) und Merkenschlager; sie findet sich ferner reichlich in *Arum maculatum.*

Die Gewinnung von Zymase nach dem Lebedew- (38) Verfahren gestaltet sich folgendermaßen: gut gewaschene und abgepreßte Hefe wird auf Filtrierpapier in dünner Schicht (1—1,5 cm) ausgebreitet und bei 25—30° getrocknet, was 2 Tage dauert. Von dieser Hefe vermischt man 50 g mit 150 g Wasser und läßt die gut verrührte Masse 2 Stunden lang bei 35° im Thermostaten stehen. Das Filtrat ist gärwirksam.

Mit in den Zymasekomplex der Zymase gehört die schon erwähnte Carboxylase, die Brenztraubensäure nach folgendem Schema spaltet und die das Auftreten des Kohlendioxyds bei der Gärung chemisch verständlich macht

$$CH_3 \cdot CO \cdot COOH = CO_2 + CH_3COH$$

Brenztraubensäure Azetaldehyd.

Über Carboxylase, ihre Haltbarkeit in Trockenhefen vgl. man außer den zahlreichen Arbeiten Neubergs A. Bau (39).

e) Glukosidasen.

Von den Glukosidasen, deren es zwei Gruppen gibt, nämlich die α-Glukoside spaltenden α-Glukosidasen (hierher gehört z. B. die schon oben behandelte Maltase) und die β-Glukosidasen, interessiert hier besonders das zu den β-Glukosidasen gehörige Enzymgemisch Emulsin. Ein einheitliches Enzym Emulsin existiert nicht; denn die sogenannte Emulsinwirkung, bei der durch die Aufspaltung von Amygdalin 2 Mol. β-Glukose, Benzaldehyd und Blausäure entstehen, beruht auf der Tätigkeit dreier Enzyme, nämlich:

1. der Amygdalase (Gentiobiase); sie spaltet das Disaccharid des Amygdalins, die Amygdalose;

2. der β-Phenolglukosidase (= Prunase Armstrong's); sie spaltet d-Benzaldehydzyanhydrin vom zurückbleibenden 2. Mol. β-Glukose.

3. Nunmehr kann eine d-Oxynitrilase, hier speziell die Benzzyanase, übrigens ein hydrolytisches Enzym von unbekanntem Typus, einsetzen. Es bewirkt die Trennung der Blausäure vom Benzaldehyd. Diese letzte Spaltung ist praktisch für die Bewertung vieler Rohstoffe von großer Wichtigkeit.

»Emulsin« spielt insofern eine erhebliche Rolle für die Beurteilung von Rohstoffen, als es aus amygdalinhaltigen Pflanzen, Futtermitteln und Samen Blausäure zur Abspaltung bringt. Dadurch können Vergiftungen bedenklicher Art eintreten. Amygdalin und das dazugehörige Enzym Emulsin finden sich häufig in zahlreichen Pflanzen nebeneinander. Durch Emulsinwirkung entsteht aus Amygdalin Blausäure und Benzaldehyd nach folgendem Schema:

$$\underset{\text{Amygdalin}}{C_{20}H_{27}NO_{11}} + 2\,H_2O = \underset{\text{Blausäure}}{CNH} + \underset{\text{Benzaldehyd}}{C_7H_6O} + 2\,\underset{\text{Traubenzucker}}{C_6H_{12}O_6}$$

Infolge ihres Glukosidgehaltes liefern z. B. folgende Pflanzen und Pflanzenteile Blausäure: Samen von *Amygdalus communis,* bittere Mandeln, Blätter von *Prunus laurocerasus,* Kirschlorbeer, die Rinde von *Prunus padus,* die Blätter von *Sambucus nigra* (Heuersatz), Samen von *Phaseolus lunatus, Linum usitatissimum.* Das Mehl der indischen Mondbohne, *Phaseolus lunatus,* auch als Rangoonbohne, Javaerbse und Rundbohne bezeichnet, liefert zwischen 0,005—0,24 % Blausäure. Das emulsinähnliche Enzym der Rangoonbohne liefert als Spaltprodukt aus dem als Phaseolunatin bezeichneten Glukosid Zucker, Blausäure und Azeton, wie das folgende Schema zeigt:

$$\underset{\text{Phaseolunatin}}{C_{10}H_{17}NO_6} + H_2O = \underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Blausäure}}{CNH} + \underset{\text{Azeton}}{(CH_3)_2CO}$$

Das emulsinähnliche Enzym der Leinsamen, die Linase, spaltet unter Blausäureentwicklung das Leinsamenglukosid, das Linamarin.

Die Zahl der aus verschiedenen Glukosiden Blausäure liefernden Pflanzen ist sehr groß; hierüber vgl. man Czapek, Biochemie der Pflanzen, ferner Rosenthaler (40) und Greshoff (40), der allein 84 phanerogame Gattungen als blausäurehaltig namhaft macht. (Vgl. auch den Artikel Saponin, insbesondere das Vorkommen von gleichzeitig Saponinen und Blausäure liefernden Pflanzen.)

Das Ausgangsmaterial für die Emulsindarstellung sind süße oder bittere Mandeln. Willstätter (41) und Csany benutzen Alkalien als Extraktionsmittel. Auch Chloroformwasser extrahiert die vorher durch Auspressen entfetteten Samen gut.

Stiele und Blätter von *Prunus laurocerasus, P. serotina,* Samen der Prunaceen eignen sich auch zur Emulsingewinnung (42).

Von weiteren Glukosidspaltern sind viele von Wichtigkeit. Hervorzuheben ist insbesondere die Sinigrinase, welche z. B. das myronsaure Kalium oder Sinigrin aus *Brassica nigra* nach folgendem Schema spaltet:

$$\underset{\text{Sinigrin}}{C_{10}H_{16}O_9NS_2K} + H_2O = \underset{\text{Allylsenföl}}{C_3H_5 \cdot N:CS} + \underset{\text{Glukose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Kalium-bisulfat}}{KHSO_4}$$

Die Sinigrinase ist für die Cruciferensamen charakteristisch und für die Senfbereitung die biochemische Voraussetzung. Über die Verbreitung und Darstellung des Enzyms berichten Guignard (43), Schneider und Lohmann (44), über die mikroskopische Lokalisation Spatzier (45).

Sinigrinase kommt noch in Capparidaceen, Leguminosen, Umbelliferen und Liliifloren vor; doch scheinen die Angaben nicht hinreichend sicher zu sein (46).

3. Proteasen. Die eiweißspaltenden Enzyme teilt man in folgende drei Gruppen: a) in Pepsine, b) in Erepsine und c) in Trypsine.

Pepsine (Pepsinasen) spalten in sauerer Lösung Proteine in Proteosen, Albumosen und Peptone; nie in Aminosäuren. Nucleoproteide werden nie ganz verdaut.

Erepsin ((Peptidasen) spaltet in alkalischer Lösung Albumosen und Peptone (aber kein natives Eiweiß, ausgenommen Kasein) in Mono- und Diaminosäuren. Nucleoproteide werden abgebaut.

Trypsine spalten in alkalischer bis neutraler Lösung Eiweiß zu Mono- und Dioaminosäuren; Nucleoproteide werden angegriffen, aber die Nucleinsäure bleibt erhalten. Die »Endotryptase« der Hefe, die die Selbstverdauung der Hefe bedingt, ist, wie manche andere Phytoproteasen, ein Mischenzym. Sie besteht nach Dernby aus drei Enzymen, nämlich einer Pepsinase mit dem optimalen $p_H = 5$; einer Tryptase ($p_H = 7{,}0$) und einer Peptidase ($p_H = 7{,}8$). Ein einheitliches »Trypsin« existiert ebensowenig wie eine einheitliche Diastase oder ein einheitliches Emulsin. Der Ausdruck Endotryptase ist also nur im Sinn eines Enzymkomplexes zu verstehen.

Von eiweißspaltenden Enzymen sind technisch folgende wichtig:

Papayotin (Papain, Caricin) und Endotryptase. Auf die eiweißspaltenden Enzyme der fleischfressenden Pflanzen sei hier nur kurz hingewiesen (50).

Papayotin ist das Enzym des eingetrockneten Milchsaftes von *Carica papaya* L. Es ist ein weißliches bis grauweißes, in Wasser lösliches Pulver und verdaut in alkalischer Lösung Eiweiß; z. B. 1 Teil Papayotin verdaut etwa 200 Teile gekochtes Hühnereiweiß in 5 Stunden. Als Papayotin fand es Anwendung bei Diphtherie, als Papain (eingetrockneter Saft von *Carica papaya*) findet es bei Dyspepsie Verwendung. Bei den Eingeborenen der Antillen und Brasiliens dient es als kulinarisches Hilfsmittel, da es das Fleisch weich und mürbe macht. Papayotin ist vermutlich ein Gemisch peptischer und ereptischer Enzyme mit vorwiegend tryptischen Eigenschaften. Das reine Papain Willstätters ist vielleicht der Typus einer neuen Proteasengruppe.

Papayotin findet sich in *Carica papaya* L. (= *P. vulgaris* D. C.) im Stamm, in der Wurzel, in den Blättern und in der Frucht, und zwar enthält der Milchsaft des Stammes 5%, der Milchsaft der Frucht 5,3%. Es kommt ferner vor in *C. dodecaphylla* Vell (= *Jaracatia d.* D. C.), Jaracapapayotin; ein papayotinähnliches Enzym soll nach Dragendorff (Heilpflanzen) in *Artocarpus incisa* L. vorkommen.

Die Wirkungen von Papain haben Kutscher (51) und Lohmann und neuerdings Willstätter (52) und Graßmann ausführlich untersucht.

Über andere Milchsaftenzyme vgl. man Hansen (53), Green (54), Buscalioni (55) und Fermi. Die proteolytischen Enzyme des dialysierten Preßsaftes von *Pinguicula* bestehen nach Dernby (56) aus Pinguiculatryptase (frei von Erepsin und Pepsin), während die Droseraenzyme pepsinähnlich ohne Erepsin und Trypsin sind [Dernby (57)]. Über die Enzyme von *Utricularia* (α- und β-Protease) vgl. man Adowa (58) und über die von *Nepenthes* die Untersuchungen von Vines (59). Im übrigen vergleiche man die Phytoproteasen bei C. Oppenheimer (1). Die Proteasen der Samen, Vines (59), Scheunert und Grimmer, W. Grimme, Aron und Klempin (59a), sind vielfach untersucht worden. Von großer technischer Bedeutung sind die Proteasen bei der Malz- und Bierbereitung. Es wirken zwei Enzyme

zusammen, nämlich eine Pepsinase mit dem optimalen p_H von 3,2 bei Grünmalz, von 3,7—4,3 bei Darrmalz, und eine Peptidase mit dem Wirkungsoptimum bei p_H 6,1—6,4. Ob eine echte Tryptase vorhanden ist, ist fraglich. Vielleicht handelt es sich um ein Enzym vom Typus des Papains, wie Oppenheimer (1), 1119 meint. [Vgl. die Arbeiten von Lundin, Adler, Schjerning, ferner die älteren von Windisch, Fernbach u. a. (59 b).]

Urease. Bei Bakterien entdeckte Miquel (60) die enzymatische Harnstoffspaltung. In Sojabohnen (*Glycine hispida*) fand Takeuchi (62) 1909 sie auf, ferner außerdem noch in vielen Pflanzen. Urease zersetzt Harnstoff nach folgendem Schema:

$$CO(NH_2)_2 + 2\,H_2O = CO_3(NH_4)_2 + 14\ \text{Kal.}$$

Eine ganz ausführliche Arbeit über Urease von St. Lövgren (63) gibt zahlreiche Literaturangaben, auf diese Arbeit sei hier besonders hingewiesen.

Urease ist wasserlöslich und läßt sich nach Lövgren aus Sojabohnenmehl darstellen, indem man 200 g Sojamehl mit 1000 ccm Wasser auslaugt und das Enzym mit Alkohol oder weniger gut mit Azeton fällt und als Trockenpräparat weiterbehandelt. Jacobi (64) trocknet Agarkulturen auf Porzellan, diese Pulver stellen brauchbare Präparate dar (65). Auch an Fibrinflocken adsorbierte Urease verwendet Jacobi.

Außer den Harnstoffbakterien sind die Schwertbohne *Canavalia ensiformis* Jack (66), *Robinia pseudacacia* (67) und die Sojabohne *Glycine hispida* die Hauptlieferanten für Urease. Daß noch viele andere Pflanzen ureasehaltig sind, ist bekannt. Insbesondere sind zu erwähnen *Aspergillus niger* (68), *Phaseolus multiflorus* (69), die Samen der Getreidearten (69), Klee, Kiefern, Daucus, Ricinus und viele Papilionaceensamen (67). Auch in den Samen der Melone, vom Reis und vom Buchweizen findet sich Urease (Takeuchi l. c.), ebenso in Sesam, Strophanthus, Lupine (70).

Urease spielt in der Landwirtschaft bei der Umsetzung des Stickstoffs im Dünger eine erhebliche, oft unerwünschte Rolle. Zur technischen Darstellung von Ammonsulfat aus Harn verwendet man nach Zemplen (l. c.) Urease von *Robinia,* auch Soja-Urease ist brauchbar. (Lövgren l. c.). Urease aus Sojapulver bereitet z. B. Iwanoff (63 a).

4. Oxydasen. Von oxydierenden Enzymen ist in erster Linie die im Saft des Lackbaumes *Rhus vernicifera* (71) enthaltene Lakkase zu erwähnen. Sie kann abgeschieden werden, wenn der Milchsaft mit Alkohol versetzt wird. Dieses Enzym, das zu den Phenoloxydasen gehört, oxydiert Hydrochinon zu Chinon, wirkt auf Pyrogallol, Gallussäure und Tannin und bläut auch Guajaktinktur. Ähnliche Enzyme finden sich im Milchsaft vieler Pflanzen.

Die Braunschwarzfärbung der Teeblätter wird von Aso und Pozzi-Escot (72) auf eine auf Gerbsäure einwirkende Oxydase zurückgeführt. Andere Bräunungen bzw. Rötungen pflanzlicher Teile werden ebenfalls durch Oxydasen bedingt.

Weit verbreitet ist eine Braun- bis Schwarzfärbung im Pflanzenreich, die auf Tyrosinase (Tyrosinoxydase) zurückgeführt wird. [Dunkelfärbung des Zuckerrübensaftes, Schwarzfärbung der Hülsen von *Vicia faba,* von Kartoffelschalen (73, 74, 75), Kleie, chlorophyllarmen Pflanzen, postmortale Schwarzfärbung von Blättern, auch die Schwarzfärbung des Schwarzbrotes (76) gehört teilweise hierher.].

Übrigens ist Tyrosinase kein einheitliches Enzym, es besteht nach Bach, Folpmers (77) u. a. aus einer Desamidase und einer Phenolase, und nach Haehn (78) wird die Kartoffeltyrosinase von einem kochfesten Aktivator begleitet, vgl. auch Boas und Merkenschlager (78 a).

5. Labenzym, (Phytochymasen), Chymosin, das aus süßer Milch Kasein ausflockt und die Milch zum Gerinnen bringt, koaguliert, wird für viele Pflanzen angegeben, doch bestehen zwischen Labenzymen der Tiere und dem der Pflanzen Unterschiede. Die Phytochymasen sind nach Oppenheimer nichts anderes als die normalen Proteasen (Pepsinasen) pflanzlicher Säfte. Da die Proteasenwirkung pflanzlicher Säfte fast stets von der Labwirkung begleitet ist, so ist auch das

vielfache Vorkommen pflanzlicher Labenzyme verständlich. Das Labenzym aus Feigensaft führt den Namen »Sykochymase«, das aus Artischocken »Cynarase«.

Da Pflanzen mit Labenzym immer ein gewisses wirtschaftliches Interesse haben, abgesehen von dem erheblichen wissenschaftlichen, habe ich im folgenden eine Übersicht über labenzymführende Pflanzen unter Benutzung von Wehmer (79) zusammengestellt. Die Mehrzahl dieser Labpflanzen wird wohl bei einer (dringend nötigen) Nachuntersuchung gestrichen werden müssen, da ein großer Teil der Labwirkung durch den Säuregehalt der Pflanzensäfte vorgetäuscht sein kann. Auf die Säurewirkung haben Teichert und Stocker (80) hingewiesen. Sie führen z. B. die Labwirkung vom Labkraut, von *Plantago lanceolata* und *Geranium molle* auf Säurewirkung zurück.

Als wertvolle Labpflanzen bleiben auf alle Fälle bestehen: Der Feigenbaum (»Sykochymase«), der namentlich in Italien während des Krieges als Lab benutzt wurde, ferner *Acanthosycios, Cirsium,* Artischocke (Cynaraselabenzym) und *Solanum coagulans.*

Übersicht der Labpflanzen.

Gramineae.

Lolium temulentum. Saft mit Labenzym. Javillier, Compt. Rend. 1903. 136, 1013.

Moraceae.

Morus nigra L. Labenzym in der Stammrinde, aber nicht im Mark und Holz. Gerber, C. R. 1909. **148,** 992.

Ficus carica L. Milchsaft mit Labenzym. Plinius Historia nat. **11.** 14. Gerber und Ledebt, C. R. 1907. **145,** 577. Gerber ibd. 1909. **148,** 992.

F. pseudocarica Miq.

F. sycomorus L. Beide mit Labenzym.

Phytolaccaceae.

Phytolacca dioica L. Saft mit Labenzym. Bruschi, Atti Rend. Acc. Lync. Roma, 1907. **16,** II, 360.

Ranunculaceae.

Clematis vitalba L. Green, Bot. Zentralblatt. 1893, **52,** 18. Proc. Roy. Soc. 1891, **48,** 391.

Helleborus S. H. Lea, Chem. News **48,** 261, 1883.

Cruciferae.

Isatis tinctoria L. Blätter. Gerber, C. R. 1907, **145,** 92.

Capsella bursa pastoris L. Javillier, C. R. 1902, **134,** 1373.

Saxifragaceae.

Philadelphus coronarius L. Blätter und Blüten. Javillier, C. R. 1902, **134,** 1373.

Leguminosae.

Lupinus luteus L. hat nach unseren Untersuchungen kein Labenzym. Vgl. Boas und Merkenschlager: Die Lupine. Berlin 1923, Parey.

Medicago lupulina L. Javillier, C. R. 1902, **134,** 1373.

Pisum sativum L. Samen. Green, Botan. Zentralbl. 1893, **52,** 18.

Geraniaceae.

Geranium molle. Säurewirkung nach Teichert, kein Lab!

Euphorbiaceae.

Ricinus communis L. Green, Botan. Zentralbl. 1893, **52,** 18. Bruschi, Atti Rend. Accad. Linc. Roma, 1907, **16** II, 360.

Croton tiglium. Mercks Ber. 1897, 50; 1900, 78.

Caricaceae.

Carica hastifolia Hort. (= *C. quercifolia* Solms). Molisch, Studien über Milchsaft. Green, Proc. Roy. Soc. 1886, **40,** 28.

C. papaya L. (*Papaya vulgaris* D. C.). Milchsaft. Wittmack, Ver. Naturf. Freunde. Berlin 1878; Bot. Ztg. 1878, 525. Gerber, C. R. 1909, **148,** 497; Baginsky, Zschr. phys. Chemie, 1888, **7,** 209.

Umbelliferae.

Anthriscus vulgaris Pers. Stengel und Blätter. Javillier, C. R. 1902, **134,** 1373.

Asclepiadaceae.

Chloristigma (*Chlorostigma*) *Stuckertianum?* Milchsaft. Stuckert, Pharm. Post 1897, **30,** Nr. 37.

Calotropis. Gerber, C. R. **145,** 530. 1907.

Labiatae.

Lamium amplexicaule L. und *L. hybridum* Vill. Javillier, C. R. 1902, **134**, 1373.

Solanaceae.

Atropa belladonna L. Blätter, Wurzel, Stengel. Gerber, C. R. 1909, **149**, 137. Blätter am meisten Labenzym.

Solanum incanum L. (*S. coagulans* Forsk., *Withania coag.* Dun.). Enthält in Frucht, Samen viel Labenzym und wird von den eingeborenen Hindus zur Käsebereitung aus religiösen Gründen an Stelle tierischen Labs verwendet. Lea, Pharm. Chim. 1885, **11**, 563; Proc. Roy. Soc. 1883, **36**, 55. Green, Botan. Zentralbl. 1893, **52**, 18.

Withania flexuosa Hassk. (*Physalis fl.* L.). Samen; auch *W. somnifera* Dun.

Datura stramonium L. Samen. Green, Proc. Roy. Soc. 1891, **48**, 391. Botan. Zentralbl. 1892, **52**, 18.

Lentibulariaceae.

Pinguicula vulgaris Sm. Blätter. Green, Botan. Zentralbl. 1893, **52**, 18.

Plantaginaceae.

Plantago lanceolata L. Blätter. Javillier, C. R. 1902, **134**, 1373.

Rubiaceae.

Rubia tinctorum L. Blätter. Javillier, C. R. 1902, **134**; 1903, **136**; 1907, **145**.

Galium verum L. Green, Botan. Zentralbl. 1893, **52**, 18; Proc. Roy. Soc. 1891, **48**, 391; Gerber, C. R. 1907, **145**, 284.

Galium mollugo. Soll nach Teichert und Stocker Säurewirkung sein.

Cucurbitaceae.

Acanthosycios horrida Welw. In Südwestafrika als Labpflanze benutzt. Green, Botan. Zentralbl. 1893, **52**, 18. Proc. Roy. Soc. 1891, **48**, 391. Nature 1888, **38**, 274.

Compositae.

Centaurea calcitrapa L. Alle Teile, insbesondere Blätter. Gerber, C. R. 1909, **148**, 992.

C. scabiosa L.; *C. polycephala* Jord.

Carthamus tinctorius L. Früchte. Giacosa, Molkereiztg. 1897, 223.

Cirsium arvense Scop. Kraut, schon Columella bekannt.

Cynara scolymus L. Artischocke. Blütenblätter. Green, Bot. Zentralbl. 1893, **52**, 18. Labenzym schon Parmentier 1793 bekannt.

C. cardunculus L. In allen Teilen Labenzym, besonders in den Blättern. Gerber, C. R. 1909, **148**, 992.

Carduus macrocephalus.

C. summanus.

Carlina acaulis, C. corymbosa (Peters, R., Untersuchungen über das Lab und die labähnlichen Fermente, Rostock 1894).

Nach dieser Übersicht fehlt Labenzym bei den Polygonaceen und Pleaceen, reich an Enzym sind Euphorbiaceen, Compositen, Umbelliferen, Solanaceen und andere Familien. Besonders findet sich Pflanzenlab in den Blättern. Das Enzym nimmt mit der Jahreszeit zu.

Mikroorganismen.

Myzel von *Rhizopus nigricans.* (Milchwirtschaftl. Zentralbl. 1918, 146).

Bacterium coagulans Sandelin. Zentralbl. f. Bakt. II, **49**, 115, 1919. Ferner viele Bakterien. Gorini, Z. Bakteriol. **II, 8**, 137, 1902.

Polyporus squamosus Buller, Ann. of Bot. 1906. Fuligo; *Hormodendron hordei,* Bruhne, Zopfs Beitr. 1, 26, 1894. *Aspergillus oryzae,* Saito, Bot. Mag. Tokyo **17**, 1903; Hefe, Rapp, Zentralbl. Bakt. II, 9, 625, 1902. Coprinus Weir, Flora **103**, 270, 1911.

6. Reduktasen. Reduzierende Enzyme finden sich in der Natur häufig. Die Reduktion von Methylenblau durch Hefe, die Bildung von Schwefelwasserstoff bei Gärungen, die Bildung von freiem Schwefel aus Thiosulfaten ist im Laboratorium vielfach untersucht worden. Im einzelnen sei bemerkt, daß Dumas (81) die enzymatische Fähigkeit der Hefe, Schwefelwasserstoff zu bilden, bereits 1874 bemerkte. Dieses Enzym, das die verschiedensten Namen erhielt (Philothion, Hydrogenase, Jacqemase) wurde vielfach lebhaft umstritten. Chaborski (82) glaubte den Nachweis erbracht zu haben, daß Philothion (Schwefelwasserstoffbil-

dung) und Methylenblaureduktion in Hefe (Reduktase) zwei völlig voneinander verschiedene Enzyme sind.

7. Phosphatese. Aufbauende Enzyme von einer gewissen wirtschaftlichen Wichtigkeit sind in der Hefe festgestellt und als Phosphatesen (83) bezeichnet worden. Sie führen Zucker und Phosphate bei Toluol-Gegenwart in phosphororganische Verbindungen über. Die Salze der Zuckerphosphorsäuren finden als Hesperonalsalze medizinische Verwendung. Die Zuckerphosphorsäuren werden durch die in Hefen, Samen, Blättern usw. weitverbreiteten Phosphatasen (84) gespalten.

C. Literatur.

1. Oppenheimer, C., Die Fermente und ihre Wirkungen. 5. Auflage (1925) im Erscheinen. Über Enzyme vgl. ferner:
   Euler, H. v., Chemie der Enzyme, 2. Aufl. (1920—1924).
   Wohlgemuth, Fermentmethoden, Berlin (1913).
   Green, R., Die Enzyme. Übersetzt von Windisch.
   Fodor, A., Das Fermentproblem (1922).
   Bayliss, W., The Nature of Enzyme Action, London (1919).
2. Sullivan u. Thompson, Jahresb. der Chem. (1890), 2. Bd. (1891), 2541.
3. Willstätter u. Racke, Ann. **425** (1921), 1.
4. Euler u. Kullberg, Zs. f. phys. Chem. **73** (1911), 335.
5. Connstein, Hoyer u. Wartenberg, Ber. Chem. Ges. **35** (1902), 3988.
6. Bournot, Biochem. Zs. **52** (1913), 172; **65** (1914), 140.
7. Falk, Journ. Am. Chem. Soc. **37** (1915), 649.
8. Fokin, Chem. Ztrbl. (1903), II, 1451; (1904), II, 1617; Gerber, C. R. **152** (1911), 1611.
9. Willstätter, D. R. P. 316 504, Kl. 12 o (1918). Ferner über Ricinuslipase: Willstätter u. Waldschmidt, Zs. f. phys. Chem. **134** (1924), 162.

9a. Sjöberg, K., Biochem. Zs. **133** (1922), 218.

10. Takamine, U. S. A. P. 1 460 736 vom 3. Juli 1923.
11. Lintner, C., Journ. prakt. Chem. N. F. **34** (1886), 386. S. a. Wroblewsky, Zs. f. phys. Chem. **24**, 173 u. Ber. Chem. Ges. **30** (1897), 2289. Eine hochwertige Diastase liefert das Verfahren von Sherman u. Schlesinger, Journ. Am. Chem. Soc. **35** (1913), 1617 und **37** (1915), 643. Siehe a. Lüers u. Albrecht, Fermentforschung **7** (1924), 52.
12. Osborne u. Campbell, Journ. Amer. Chem. Soc. **18** (1896), 536.
13. Takamine jr. u. K. Oshima, Journ. Amer. Chem. Soc. **42** (1920), 1261.
14. Calmette, Ann. Inst. Pasteur **6** (1892), 605.
15. Sanguinetti, Ann. Inst. Pasteur **11** (1897), 264.
16. Went u. Prinsen, Geerligs Verh. Akad. Wet. Amsterdam II, 4. No. 2.
17. Colette u. Boidin, Bull. Assoc. Chim. de sucr. et distill. **16**, 862.
18. Henneberg, Zs. Spiritus-Ind. **25** (1902), 205.
19. Saito, K., Kochs Jahresbericht **15** (1914), 293; Ztrbl. Bakt. II, **6** (1906); Wochenschr. f. Brauerei **27** (1910), 18.
20. Inui, T., Kochs. Jahresber. **12** (1901), 331.
21. Saare, Zs. Spiritus-Ind. (1900), 419.
22. Iterson, Verslag K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam **9** (1903), 807; Ztrbl. Bakt. II, **11** (1907), 689.
23. Brown u. Morris, Journ. Chem. Soc. **57** (1890), 497.
24. Green, R., Die Enzyme. Deutsch von Windisch, Berlin (1901).
25. Beyerinck, Ztrbl. Bakt. II, **1** (1895), 221.
26. Fischer, E. u. Lindner, P., Ber. Chem. Ges. **27** (1894), 3479. Vgl. auch Lindner.
27. Willstätter u. Kuhn, Zs. f. phys. Chem. **116** (1921), 53.
    Willstätter u. Steibelt, Zs. f. phys. Chem. **110** (1921), 2, 32.
28. Willstätter u. Steibelt, Zs. f. phys. Chem. **115** (1925), 211.
29. Willstätter u. Racke, Ann. **425** (1921), 1.
30. Donath, Ber. Chem. Ges. **8**, 795.
31. Osborne, Zs. f. phys. Chem. **28**, 398.
32. Davis, Bull. Ass. Chim. de sucr. et distill. **33** (1915), 95.
33. Neuberg u. Karczag, Biochem. Zs. **36** (1911), 68, und viele folgende Bände mit Arbeiten Neubergs und seiner Schule über Carboxylase.
34. Buchner, Ed., Ber. Chem. Ges. **30** (1897), 117.
    Buchner, Ed., Buchner, H., und Hahn, M., Die Zymasegärung. Berlin und München (1903).
35. Harden u. Young, Proc. Roy. Soc. **77** (1906), 405. Coenzymtheorie. Ferner Buchner u. Antoni, Ber. Chem. Ges. **46** (1905), 141, und Buchner u. Klatte, Biochem. Zs. 8 (1908), 523.
36. Bodnar, J., Biochem. Zs. **73** (1916), 193.
37. Boas u. Merkenschlager, Die Lupine, Berlin (1923); vgl. ferner Stocklasa u. Mitarbeiter, Zs. f. phys. Chem. **51** (1907), 156.
38. Lebedew, A., C. R. **152** (1911), 49, 1129.
39. Bau, A., Biochem. Zs. **73** (1916), 340.
40. Greshoff, M. J., Bull. Soc. pharmacol. **13** (1906), Arch. der Pharm. (1906), 397. Amygdalinpflanzen siehe Rosenthaler, Arch. d. Pharm. **250** (1912), 298.
41. Willstätter u. Csany, Zs. f. phys. Chem. **117** (1901), 172.

42. Bourquelot u. Herissey, C. R. **137** (1903), 56.
Huber, Landw. Versuchsst. **75** (1911), 462.
43. Guignard, Journ. de Bot. **4** (1890), 385; **6** (1893); C. R. **111**, 249; Bull. Soc. Bot. de France **3** (1894), 1418.
44. Lohmann u. Schneider, Ber. Chem. Ges. **45** (1912), 2954.
45. Spatzier, Jahrb. wiss. Bot. **25** (1893), 93.
46. Siehe Euler, Chemie der Enzyme (1922), 302.
47. Freudenberg u. Vollbrecht, Zs. f. phys. Chem. **116** (1921), 277.
48. Knudson, Journ. Biol. Chem. **14** (1913), 159.
49. Ullmann, Enzyklopädie der Techn. Chem. **5** (1917), 617.
50. Wittmack, Bot. Ztg. (1878, 1880); Würtz u. Mitarbeiter, C. R. **90**, **91**, **93**.
51. Kutscher u. Lohmann, Zs. f. physiol. Chem. **46** (1905), 383. Vgl. auch Merck, Wissenschaftl. Abh. Nr. 32, Papayotin, mit reichem Literaturnachweis und Hinweisen auf Verwendung.
52. Willstätter u. Graßmann, Zs. f. physiol. Chem. **138** (1924), 184; hier weitere Literatur.
53. Hansen, Arb. Würzburg Bot. Inst. (1885), 3.
54. Green, (cucumis utilissima) Ann. of Bot. (1892).
55. Buscalioni u. Fermi, Ann. Ist. Bot. Roma (1898), 7.
56. Dernby, Biochem. Zs. **80** (1919), 152.
57. Dernby, Biochem. Zs. **78** (1916), 197.
58. Adowa, Biochem. Zs. **150** (1924), 100.
59. Vines, Ann. of Bot., zahlreiche Arbeiten mit ausgedehntem Literaturnachweis (1902 bis 1910).
59a. Scheunert und Grimmer, Zs. phys. Chem. **48** (1900), 27; Grimme, W., Biochem. Zs. **4** (1907), 80; Aron und Klempin, ebenda **9** (1908), 163.
59b. Lundin, H., Biochem. Zs. **131** (1922), 193; Adler, L., Zs. ges. Brauwesen **38** (1915); Schjerning, C. R., Trav. Labor. de Carlsberg **6** (1906), 225; **8** (1910), 169; II (1914), 45; auch Zs. ges. Brauwes. **39** (1916), 355; Windisch und Schellhorn, Wochenschr. f. Brauerei **19** (1902), 698; Fernbach und Hubert, C. R. **130** (1900), 1783.
60. Miquel, Etudes sur la fermentation ammon. et les ferments de l'urea. Paris (1898).
62. Takeuchi, Journ. coll. agric. Tokyo **1** (1909), 1.
63. Lövgren, St., Biochem. Zs. **119**, 264.
63a. Iwanoff, Biochem. Zs. **150** (1924), 60.
64. Jacobi, Zahlreiche Arbeiten in der Biochem. Zs. **68**—**105** (1915—1923).
65. Takahata Tetsugora, Biochem. Zs. **140** (1923), 166; Bakterienurease.
66. Annet, Biochem. Journ. 8 (1914), 449.
Mateer u. Marshall, Journ. Biol. Chem. **25** (1916), 297.
Canavalia enthält 15mal mehr Urease als *Soja hispida*.
67. Zemplen, Zs. physiol. Chem. **79** (1912), 229.
68. Shibata, Beitr. chem. Phys. u. Path. **5** (1903/04), 384.
69. Nemec, Biochem. Zs. **91** (1918), 126.
70. Wakulenko, Landw. Versuchsst. **82** (1913), 313; Boas u. Merkenschlager, Die Lupine, Berlin (1923).
71. Joshida, Journ. Chem. Soc. (1883).
72. Aso u. Pozzi-Escot, Chem. Ztrbl. **1** (1903), 243.
73. Bach, Ber. Chem. Ges. **39** (1906), 2126.
74. Chodat u. Staub, Arch. Sci. Phys. Genève (4) **23** (1907), 261.
75. Doby, Bot. Zentralbl. **119** (1911), 421; Reichtum kranker Knollen an Tyrosinase.
76. Bertrand, C. R. **144** (1907), 1285; Ann. Inst. Pasteur. **21** (1907), 833.
77. Folpmers, Biochem. Zs. **78** (1917), 180.
78. Haehn, Biochem. Zs. **105** (1920), 169.
78a. Boas und Merkenschlager, Biochem. Zs. **155** (1925), 197.
79. Wehmer, C., Die Pflanzenstoffe.
80. Teichert u. Stocker, Süddeutsche Molkereiztg. **44**. Jhrg., Nr. 52 (1923).
81. Dumas, Ann. Chim. et Phys. **3** (1874), 57. Vgl. zu dieser ganzen Frage Euler u. Lindner, Chemie der Hefe und der alkohol. Gärung (1914).
82. Chaborski, G., Recherches sur les levures termophiles et cryophiles. These No. 627. Genf (Bot. Inst. 1918).
83. Iwanow, Bakteriol. Ztrbl. II, **24** (1909), 1; Euler u. Ohlsen, Biochem. Zs. **37** (1911), 313; Euler, ebenda 41 (1912), 215, und später. In Hafer wurde Phosphatese von Euler u. Kullberg, Zs. f. phys. Chem. **74** (1911), 15, gefunden.
84. Harden u. Joung, Proc. Roy. Soc. **82** (1910), 327, Entdecker der Phosphatese. Verbreitung der Phosphatese: Plimmer, Biochem. Journ. **7** (1913), 43; Euler u. Euler, B., Zs. f. phys. Chem. (1914), 92; Adler, Biochem. Zs. **70** (1915), 1.

F. Boas.

Farbstoffe.

Von E. Gilg, P. N. Schürhoff und R. Hofmann.

Inhaltsübersicht.

Seite

A. Botanischer Teil (E. Gilg u. P. N. Schürhoff) 213

B. Chemischer Teil (R. Hofmann) 225

Erste Gruppe: Isozyklische Verbindungen 225

I. Benzolabkömmlinge 225

a) Benzochinongruppe:

1. Cotoin 225
2. Phloretin 225
3. Maklurin 225

b) Chalkongruppe:

4. Butein (*Butea frondosa*) . 226

c) Dicinnamoylmethangruppe:

5. Kurkuma 226

II. Naphthalinabkömmlinge 229

Alphanaphthochinongruppe:

6. Juglon 229
7. Lapachol 229
8. Lomatiol 230
9. *Drosera Whittakeri* . . . 230

III. Anthracenabkömmlinge 230

Anthrachinongruppe:

10. Krapp 230
11. Chay-Wurzel 235
12. Galiumarten 236
13. Munjeet 236
14. *Rubia khasiana* 237
15. *Rubia sikkimensis* 237
16. *Morinda citrifolia* 237
17. *Morinda umbellata* . . . 239
18. *Morinda longiflora* . . . 239
19. Rhabarber 239
20. *Rumex ecklonianus* . . . 240
21. *Rumex nepalensis* 240
22. Sennesblätter 241
23. *Rhamnus frangula* 241
24. *Polygonum cuspidatum* . . 241
25. Aloë 241
26. Goapulver 242
27. *Lawsonia alba* Lam. (*L. inermis* L.) und *Anchusa tinctoria, Alkanna* 243
28. *Onosma echioides* 246
29. *Ventilago maderaspatana* . 246

IV. Abkömmlinge hydroaromatischer Ringe 247

30. Karotinoide 247

Zweite Gruppe: Heterozyklische, sauerstoffhaltige Verbindungen . . . 248

I. Benzofuran- oder Kumaronabkömmlinge 248

Dihydrokumaron=Kumarangruppe:

31. Katechu 248
32. Cyanomaklurin 248
33. Kino 248
34. Färberginster 248

II. Benzo-γ-Pyranolgruppe: Anthocyanine und Anthocyanidine: . . . 249

a) Anthocyan-Farbstoffe:

α) Pelargonidine:

35. Callistephin 253
36. Pelargonenin 253
37. Pelargonin 253
38. Salvianin 253
39. Salvin 253
40. Salvinin 253

β) Cyanidine:

41. Asterin 253
42. Chrysanthemin 253
43. Idaein 253
44. Cyanin 253
45. Mekocyanin 253
46. Keracyanin 253
47. Prunicyanin 253
48. Päonidin 253
49. Päonin 253

γ) Delphinidine:

50. Violanin 253
51. Delphinin 253
52. Ampelopsidin 253
53. Ampelopsin 253
54. Myrtillidin 253
55. Myrtillin 253
56. Althaein 253
57. Petunidin 254
58. Petunin 254
59. Vitisriparia-Farbstoffe . . 254
60. Malvidin 254
61. Malvin 254
62. Oenidin 254
63. Oenin 254

b) Andere Glieder der Gruppe:

64. Karajura 255
65. Chikarot 255
66. *Bignonia tecoma* 255

III. Benzopyrongruppe . . . . . .

a) Benzo-α-Pyron- oder Kumaringruppe:

67. Daphnetin 256

b) Benzo-γ-Pyron- oder Chromongruppe:

α) Flavone = β-Phenyl-Benzo-γ-Pyrone:

68. Natürliche Flavone . . . 256
69. Diflavone 256
70. Pappelknospen 256
71. Petersilie 257
72. Römische Kamille 257
73. Blätter der *Robinia pseudacacia* 257
74. *Vitex littoralis* 257
75. *Saponaria officinalis* . . . 258

Seite

76. *Lotus arabicus* 258
77. Wau 259
78. Fukugi 261
79. Scoparin 261
80. Scutellarin 261

β) Flavonole = γ-Oxy-β-Phenyl-Benzo-γ-Pyrone:

81. Galanga-Wurzel 262
82. Blüten von *Delphinium consolida* 262
83. Blüten von *Robinia pseudacacia* 263
84. Fisetholz 263
85. Gelbe Zeder 264
86. Quercitron 264
87. *Thuja occidentalis* 268
88. *Sophora japonica* 268
89. Zwiebelschalen 269
90. Heidekraut 269
91. *Thespasia macrophylla* . . 269
92. *Eucalyptus macrorhyncha* . 269
93. *Podophyllum emodi* . . . 270
94. Kleeblumen 270
95. *Prunus emarginata* . . . 271
96. Kreuzbeeren (Gelbbeeren, Persisch-Beeren) 271
97. *Rhamnus catharticus* . . 275
98. Asbarg 277
99. Goldlack 277
100. Gelbholz 278
101. Osage-Orange 280
102. Jack-Holz 281
103. *Myrica nagi* 281
104. Baumwollblüten 284
105. *Tagetes patulus* 287

IV. Dihydro-Benzo-γ-Pyrongruppe:

106. Rotholz 288
107. Blauholz 291
108. Afrikanisches Blauholz . 302

V. Dihydro-Flavon = Flavanongruppe:

109. Butin 303

VI. Xanthongruppe:

110. Indischgelb 304
111. Enzianwurzel 307

VII. Diphenyl-Dimethylolid-Gruppe:

112. Ellagsäure 307
113. Flavellagsäure 309
114. Coeruleo-Ellagsäure . . . 309
115. Flavogallol 310
116. Resoflavin 310
117. Catellagsäure 310
118. Metellagsäure 310

Dritte Gruppe: Heterozyklische stickstoffhaltige Ringe 311

I. Pyrrolgruppe:

119. Blattgrün (Chlorophyll) . . 311

II. Benzopyrrolgruppe (Indolgruppe):

120. Indigo 315
121. *Lonchocarpus cyanescens*, Gara 335
122. Waid 336

III. Isochinolingruppe:

123. Berberitzen-(Sauerdorn)-Wurzel 336
124. *Evodia meliaefolia* . . . 338
125. *Toddalia aculeata* 338

Vierte Gruppe: Tannine (s. Gerbstoffe)

Fünfte Gruppe: Flechten, Flechtensäuren und Farbstoffe, die sich von ihnen ableiten 338

126. Orsellinsäure 338
127. Lecanorsäure (Diorsellinsäure) 339
128. Evern- und Everninsäure . 339
129. Ramalsäure 339
130. Erythrin (Erythrinsäure) . 340
131. Atranorin und Atrarsäure 341
132. Barbatinsäure 342
133. Orseille (Cudbear) . . . 342
134. Lackmus (Tournesol) . . . 345

Sechste Gruppe: Farbstoffe unbekannter Konstitution 347

135. Sandelholz 347
136. Barwood 350
137. Caliaturholz 351
138. Narrawood 351
139. Gabanholz (Camwood) . . 351
140. Sudan-Durra (Shikytan) . 352
141. Safflor (Färberdistel) . . . 353
142. Coprosma 358
143. Kamala 358
144. Waras 359
145. Safran 360
146. Grünes Ebenholz 364
147. Baumwollsamen 366
148. Orlean 367
149. *Nyctanthes arbortristis* . . 369
150. *Cedrela toona* 370
151. Algarrobin 371
152. *Lycoperdon gemmatum* . . 371
153. Phoenin und Phoenicein . 371
154. Chinesischgrün (Lokao) . . 371
155. *Datisca cannabina* 373
156. *Gardenia grandiflora* (Wongsky) 374
157. Färberscharte 375
158. Xylindein 376

Siebente Gruppe: Farblacke und Farbharze 376

159. Krapplack 376
160. Brasilholzlack (Blauholzlack, Bronzelack) 376
161. Persisch-Beerenlack (Gelbbeerenlack) 377
162. Quercitron-(Flavin)-Lack 377
163. Rotholzlack 378
164. Orleanlack 379
165. Orseillelack 379
166. Cochenille 379
167. Kermes 382
168. Lac-Dye 384
169. Gutti, Gummigutt 384
170. Drachenblut 385

C. Literatur.

I. Allgemeines 386
II. Besondere Hinweise 386

A. Botanischer Teil.

Bei der Besprechung der Farbstoffe der Pflanzen vom botanischen Standpunkt legen wir am besten eine entwicklungsgeschichtlich-morphologische Einteilung zugrunde. Wir werden sehen, daß eine solche Einteilung auch bis zu einem gewissen Grade einer Einteilung nach der Konstitution der Farbstoffe entspricht.

Nach dem genannten Gesichtspunkte können wir die Pflanzenfarbstoffe einteilen in Chromatophorenfarbstoffe, in Farbstoffe, die im Zellsaft gelöst sind, und endlich in Farbstoffe, die in pflanzlichen Absonderungen vorhanden sind.

Während über die beiden letzteren Arten pflanzlicher Farbstoffe vom botanischen Standpunkt nur wenig zu sagen ist, sind die Chromatophorenfarbstoffe botanisch vom größten Interesse, und zwar einesteils in ihrer Entwicklungsgeschichte und andernteils in ihrer physiologischen Bestimmung.

Die Chromatophorenfarbstoffe werden in besonderen plasmatischen Organen, den Chromatophoren oder Plastiden gebildet und bleiben in diesen Organen eingeschlossen.

Unter der Bezeichnung Plastiden oder Chromatophoren faßt man die unter dem Namen Chloro-, Chromo-, Leukoplasten usw. beschriebenen Formelemente pflanzlicher Zellen zusammen. Es handelt sich hier um plasmatische Organe, die bei allen Pflanzengruppen mit Ausnahme der Pilze vorkommen. Sie bestehen aus dichtem Protoplasma und stellen in embryonalen Geweben kleine, scharfumschriebene, farblose, im Plasma zerstreute Körperchen dar. Sie sind durch den Besitz von Pigmenten oder wenigstens die Fähigkeit, gewisse Farbstoffe zu bilden, gekennzeichnet.

Der Name »Chromatophoren« wurde von Schmitz eingeführt; Meyer nannte sie Trophoplasten und von van Tieghem wurden sie als Leuziten bezeichnet. Nach Schimper unterscheidet man hauptsächlich:

1. Die Leukoplasten (von anderen Autoren auch Stärkebildner, Leukoplastiden, Anaplasten genannt).

Die Leukoplasten sind farblos. In jungen Zellen sind sie die ersten Entwicklungsstadien der Chloro- oder Chromoplasten; in den Epidermiszellen und Haaren sind sie rückgebildete Chloroplasten. Manche Epidermiszellen, z. B. von Farnen und auch einer großen Anzahl von schattenliebenden Phanerogamen sind jedoch mit Chloroplasten versehen. Der Rückbildungsvorgang der Chloroplasten in den Epidermiszellen ist jedoch reversibel, da die Schließzellen der Spaltöffnungen wieder Chloroplasten führen. Dieser Vorgang ist von erheblicher Bedeutung für die Auffassung der Panaschierungsvorgänge. In den Reservestoffbehältern haben sie die Aufgabe, aus gelösten Kohlehydraten Stärkekörner zu bilden und werden deshalb hier auch als Stärkebildner oder Amyloplasten bezeichnet.

2. Die Chloroplasten (früher auch Chloroplastiden oder Autoplasten genannt).

Ihre Grundsubstanz besteht aus einem Stroma, welches das Pigment in Lipoiden gelöst enthält. Von Senn wird ihnen auch ein Peristromium zugeschrieben, mit Hilfe dessen sie sich aktiv bewegen sollen.

Die Chloroplasten sind die Träger des im Pflanzenreiche verbreiteten grünen Farbstoffes, der nur den echten Parasiten und Saprophyten, sowie den im Dunkeln gewachsenen Pflanzen fehlt. Ihre häufigste, bei den höheren Pflanzen ausschließliche Form ist die der Chlorophyllkörner. Durch Lösungsmittel, sofern diese Fette bzw. Lipoide zu lösen imstande sind, kann der Farbstoff ausgezogen werden, und das farblose Korn bleibt in Größe und Form unverändert zurück.

In vielen Fällen wird die grüne Farbe der Pflanzenteile verdeckt durch andere im Zellsaft gelöste Farbstoffe, so z. B. bei der Blutbuche. Bei manchen Thallophyten treten in den Plastiden zugleich mit dem grünen Farbstoffe noch andere auf; ein blauer Farbstoff, das Phykocyan, bei den Schizophyceen, ein brauner, das Phykophaein, bei den Phaeophyceen, ein roter, das Phykoerythrin, bei den Rhodophyceen. Demgemäß nennt man die Chloroplasten der Phaeophyceen Phaeoplasten, die der Rhodophyceen Rhodoplasten. Die genannten Algenfarbstoffe besitzen ebenso wie das Chlorophyll Fluoreszenz, sind aber zum Unterschied hier-

von in Wasser löslich; daher verfärben sich z. B. rote Meeresalgen bald in Grün, wenn die Zellen abgestorben sind, weil dann der rote Farbstoff aus den Chromatophoren ausgelaugt wird.

3. Die Chromoplasten.

Die Chromoplasten entstehen entweder durch Umwandlung der Chloroplasten oder sie bilden sich direkt aus den Leukoplasten. Ihre Gestalt gleicht bald der der Chloroplasten, bald nehmen sie durch Auskristallisieren des Farbstoffs, der aus Karotin und Xanthophyll besteht, mehr oder weniger regelmäßige Formen an.

Alle Plastiden sind durch Zwischenglieder miteinander verbunden und können sich ineinander umwandeln, selbst Chromoplasten, die wohl am meisten spezialisiert erscheinen, können unter Umständen wieder zu Chloroplasten werden.

Außer diesen drei genannten Arten von Plastiden sind in der Literatur noch Elaioplasten, Proteinoplasten, Cyanoplasten usw. beschrieben, doch dürfte es bei einigen dieser Bildungen noch zweifelhaft sein, ob es sich um individualisierte lebende Organe der Zelle handelt.

Nach heute am meisten verbreiteter Ansicht werden in der Pflanze Plastiden nicht neu aus dem Plasma gebildet, sondern sie entstehen durch Teilung bereits vorhandener Plastiden. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß sich die Plastiden einerseits in voll erwachsenem Zustande teilen, andererseits aber auch in embryonalen Zellen in ihren ersten Anlagen besonders reichlich Teilungen vornehmen. Diese ersten Anlagen der Plastiden, welche äußerst klein sind, und noch keine Funktion besitzen, so daß man sie nicht zu einer bestimmten Gruppe der Chromatophoren rechnen kann, werden als Proplastiden oder als Archiplasten bezeichnet. Von vielen Forschern sind sie auch mit den als Chondriosomen, Mitochondrien usw. bezeichneten Gebilden gleichgestellt worden.

Bei der Teilung der Meristemzellen gehen die stets in Mehrzahl vorhandenen Plastiden mit dem sich teilenden Plasma in die Tochterzellen über.

Je nach dem morphologischen Werte und der physiologischen und biologischen Funktion, welche die aus dem Meristem hervorgehenden Zellen im Laufe der Entwicklung erhalten, bilden sich die morphologisch gleichwertigen kleinen Chromatophoren der Meristemzellen gleichzeitig mit dem Wachstum des Protoplasten in verschiedener Weise aus. Das junge Chromatophor kann sich nach drei verschiedenen Richtungen entwickeln: Es kann zu einem Chloroplasten, oder einem Chromoplasten oder einem Leukoplasten werden. Nur unter günstigen Verhältnissen erfolgt aber die Ausbildung zu einer der drei Entwicklungsformen in typischer, vollkommener Weise. Sehr häufig sind Übergangsformen zwischen den drei Typen, und in manchen Fällen findet nur eine sehr unbedeutende Weiterentwicklung der kleinen Plastiden der Meristemzellen statt.

Im Falle der Ausbildung der Chromatophorenanlage zu einem typischen Chloroplasten entwickelt sich das Grundgerüst sehr substanzreich und in dem Grundgerüst in ebenfalls reichlicher Menge das Chlorophyll.

Entsteht ein typischer Chromoplast aus der Anlage, so bildet sich nur ein substanzarmes Gerüst, und dieses kann sogar längere Zeit vor dem Absterben der Zelle teilweise resorbiert werden, während das Xanthophyll in größerer Menge in dem Chromoplasten erzeugt wird und bei der Zerstörung des Gerüstes erhalten bleibt.

Auch bei Ausbildung zu einem Leukoplasten wird das Grundgerüst wenig entwickelt.

Typische Leukoplasten völlig erwachsener Zellen können sich unter gewissen Bedingungen in Chloroplasten verwandeln, wie überhaupt die Chromatophoren in manchen Fällen bei normaler Entwicklung eine Zeit lang farblos bleiben, ehe sie sich zu typischen Chloroplasten ausbilden.

Leukoplasten, Chloroplasten und Chromoplasten können im allgemeinen Stärkekörner einschließen, oder es können solche an ihnen wachsen. Manche Leuko-, Chloro- und Chromoplasten führen in keinem Stadium ihrer Entwicklung Stärkekörner. Die meisten Plastiden bilden Stärke nur in einer bestimmten Periode ihrer Existenz.

Auch Kristalloide können sowohl in als an den Leukoplasten und Chloro-

plasten wachsen, für Chromoplasten sind Kristalloide noch nicht bekannt.

Ist ein Chlorophyllkorn nach einer bevorzugten Richtung hin über ein bestimmtes Verhältnis seines größten Durchmessers hinausgewachsen, so zerklüftet es sich in zwei (sehr selten mehrere) Teilkörner. Die Trennungsebene steht senkrecht auf der Richtung des intensivsten vorausgegangenen Wachstums. Es erfolgt die Sonderung des übermäßig gewachsenen Chlorophyllkorns in zwei (oder mehrere) in der Art, daß zunächst in der Durchschnittslinie der Trennungsebene an der Peripherie des Korns eine seichte Ringfurche sich bildet, wobei der hier gelegene Teil der Substanz des Korns in die beiden Hälften desselben hineinwandert. Indem so die intensivst gefärbte Rindenschicht des Korns eine Einbiegung nach innen erfährt, erscheint das Korn in der Flächenansicht, mit einem querüber verlaufenden dunkleren Streifen bezeichnet, welcher oft täuschend den Anschein einer, in Wirklichkeit nie vorhandenen, das Korn durchsetzenden Scheidewand darbietet. Die Verschiebung der Substanz des in Teilung begriffenen Korns dauert fort, die Ringfurche dringt tiefer ein, erreicht endlich die Achse des Korns, und so zerfällt dasselbe durch Abschnürung in zwei Teilhälften.

Die Chromatophoren der Algen teilen sich ebenfalls meistens durch einfache Durchschnürung, die anfänglich noch zusammenhängenden Teilstücke rücken auseinander, und damit wird auch der letzte Verbindungsfaden zerrissen. In anderen Fällen aber findet Schmitz keine vorgängige Einschnürung, sondern die Masse des Chromatophors wird ohne eine solche direkt zerschnitten oder zerrissen; häufig gehen beide Arten der Teilung ineinander über.

Die Chromatophoren gehen zugrunde, wenn die Zelle abstirbt, und es bleibt in der toten Zelle noch ein Rest von ihnen zurück. Die Chromoplasten zeichnen sich dadurch aus, daß ihr Farbstoff beim Absterben der Zelle zurückbleibt, teilweise in Kristallform übergeht oder auch in regelmäßigen Körnern liegen bleibt, die bis zuletzt eine intensive Färbung der Mutterzellen bedingen.

Bei den höher entwickelten Pflanzen — nur diese kommen für die Verwertung ihrer Farbstoffe in Betracht — stellen die Chloroplasten runde Körner dar von meistens 4—6 μ Durchmesser. Hinsichtlich ihres feineren Baues spricht man

Abb. 1.
A Teilung der Chlorophyllkörner in der Luftwurzelrinde von *Chlorophytum comosum; a* und *b* durch Einschnürung; *d—f* durch Bildung einer farblosen Mittelzone (nach Mikosch). *B* Teilung der Chlorophyllkörner im Rindenparenchym von *Selaginella Kraußiana*. *C* Chlorophyllketten der innersten Rindenschicht des Stengels von *Sel. Kraußiana*. *D* Längere Chlorophyllketten aus den äußeren Partien der Stengelrinde von *Sel. Kraußiana*.
(Nach Haberlandt.)

den Chloroplasten eine farblose protoplasmatische Grundsubstanz zu, in welcher die Farbstoffe lipoid gelöst sind.

Nach den Veränderungen, die die Chlorophyllkörner bei Zusatz von Alkohol verschiedener Konzentration erleiden,

muß man annehmen, daß sie aus 2 Komponenten oder Phasen bestehen, die sich in chemischer und physikalischer Hinsicht sehr verschieden verhalten. Während der grüngefärbten Komponente die Eigenschaften einer lipoidartigen Substanz zukommen, stellt die farblose Komponente ein in Wasser quellbares, in Fettlösungsmitteln unlösliches Hydrokolloid dar.

Das Aussehen normaler lebender Chlorophyllkörner ist sehr häufig auch bei den stärksten Vergrößerungen völlig homogen. Es muß sich daher um eine äußerst feine »amikronische« Verteilung der beiden Phasen ineinander handeln.

Die Leukoplasten können wir hier übergehen, da sie keine Farbstoffe führen.

Die Chromoplasten zeigen sich meistens außerordentlich verändert. Sie sind in erster Linie die Träger der gelben und

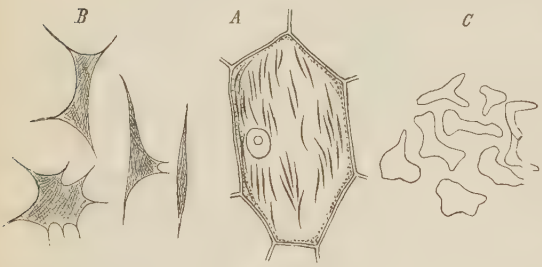


Abb. 2.
A Zelle aus einem Perigonblatt von *Hemerocallis fulva* mit spindelförmigen Chromoplasten. — *B* Chromoplasten aus dem Fruchtfleisch von *Sorbus aucuparia* mit einem dichten Gewirr von fädigen Farbstoffkristallen. — *C* Gelappte Chromoplasten der Blütenblätter von *Genista tinctoria*. (*A* und *B* nach A. F. W. Schimper, *C* nach Haberlandt.)

orangeroten Färbung an Blumenblättern oder Früchten oder Wurzeln. Sie haben entweder die rundliche Form der Chloroplasten beibehalten, oder sind zu kristallartigen, nadel- oder tafelförmigen zackigen Gebilden umgewandelt infolge der Kristallisation des in ihnen enthaltenen Farbstoffes des Karotins.

Die Chromoplasten von *Tropaeolum majus* sind gelb mit einem Stich ins Orangerot. Sie erscheinen spindelförmig, drei- bis viereckig, in Formen, die an kristallinische erinnern und dadurch bedingt sind, daß der Farbstoff auskristallisierte, während das Plasma gleichzeitig stark reduziert wurde. Die unversehrten Chromoplasten sehen homogen aus. Unter dem Einfluß von Wasser schwellen sie an, runden sich ab und werden vakuolig. Die Chromoplasten liegen besonders zahlreich der inneren Wand der Epidermiszellen der Kelchblattoberseite an.

Ganz ähnliche Farbkörper findet man im Herbst und zu Beginn des Winters in den *Crataegus*-Früchten. Sie haben die Gestalt von stark verlängerten Spindeln, von Dreiecken oder Trapezen; oft erscheinen sie sichelförmig oder S-förmig gekrümmt. Sie sind verhältnismäßig widerstandsfähig gegen Wasser, ihre Gestalt ist gleichfalls durch das Auskristallisieren des Farbstoffes bedingt. In den Hagebutten finden wir schön zugespitzte orangefarbene Spindeln. Manchmal sind zwei Spindeln mit ihrem Ende verbunden, als wenn sie durch Teilung auseinander hervorgegangen wären; auch dreieckige, an den Ecken langzugespitzte Formen fehlen nicht, ebenfalls langzugespitzte, orangefarbene Spindeln treten uns in den Beerenfrüchten von *Asparagus officinalis* entgegen. Im Fruchtfleisch der Tomaten zeigen hingegen die relativ großen orangeroten Chromatophoren die Gestalt von rundlichen Chlorophyllkörnern, wie sie auch, aber gelb gefärbt, die Blütenblätter von *Doronicum*-Arten, ferner von gelben Crysanthemen aufweisen. In den Zellen der orangerot gefärbten äußeren Perigonblätter von *Strelitzia reginae* finden sich langgezogene Spindeln von einer für Farbkörper auffallenden Größe. In den Wurzeln der Mohrrübe sind kristallinische Chromatophoren von karmin- und orangeroter Färbung enthalten. Es sind kleine, rechteckige Tafeln oder Rhomben, die Rhomben oft nadelförmig gestreckt, dann Prismen verschiedener Länge, manchmal auch fächerförmig nach dem einen Ende erweitert. Diesen krisallinischen Bildungen sind oft kleine, einseitig vorspringende Stärkekörner angefügt. Dem Kristall sitzen nur noch geringe Plasmamengen an, denen auch die Stärkekörner entspringen.

Die Farbstoffkristalle der Mohrrübe besitzen einen besonders auffallenden Pleochroismus. Zur Feststellung des Pleochroismus bedient man sich nur eines Nicolschen Prismas, und zwar am besten des Polarisators, weil bei Anwendung des Analysators mit dem Umstand

zu rechnen ist, daß die vom Spiegel reflektierten Lichtstrahlen zum Teil bereits polarisiert sind. Bei Drehung des Polarisators oder des Objektträgers werden die Karotinkristalle abwechselnd dunkler und heller, die rhombischen Tafeln bei bestimmter Lage sogar farblos (Strasburger-Kocernicke 1921).

Zuweilen enthält ein und derselbe Chloroplast zwei verschiedene Pigmente, so z. B. im Fruchtfleisch von *Lycopersicum esculentum* und *Solanum dulcamara*, wo gelbe Grana und rote Kristalle vereinigt auftreten.

Außer den Farbstoffkristallen enthalten die Chromoplasten häufig auch Eiweißkristalle.

Die Farbstoffe der Chromatophoren haben viele Bearbeitungen veranlaßt mit dem Erfolg, daß endlich eine restlose Klärung der chemischen Konstitution erreicht wurde, so daß insbesondere das Chlorophyll nunmehr zu den bestbekannten Farbstoffen dieser Reihe gehört. Die neueren Forschungen über das Chlorophyll knüpfen sich an den Namen Tswett und vor allem Willstätter (s. B. Chemischer Teil).

Die Lösung des Chlorophylls zeigt Fluoreszenz, erscheint smaragdgrün bei durchfallendem, blutrot bei auffallendem Licht. Wird Sonnenlicht durch eine alkoholische Chlorophyllösung geleitet und dann durch ein Prisma zerlegt, so treten im Spektrum charakteristische Absorptionsbänder auf. Fast der ganze blaue Teil des Spektrums wird durch drei breite Bänder eingenommen; ein dunkles Band liegt zwischen den Fraunhoferschen Linien B und C und über C hinaus und drei schwächere zwischen C und E.

Im Chloroplasten fluoresziert das Chlorophyll schwächer, in rein kolloider Lösung ist die Fuoreszenz nicht erkennbar. Hieraus dürfte zu schließen sein, daß sich das Chlorophyll in den Blättern in echter Lösung befindet.

Immerhin ist zu bedenken, daß das von Willstätter isolierte Chlorophyll kein natives Produkt ist, und daher das aus dem kolloiden Zusammenhange gerissene Chlorophyll auch chemisch möglicherweise nicht mehr genau das gleiche wie im lebenden Chloroplasten ist.

Durchleuchtete Blätter erscheinen nach Kolkwitz (1921) in einfacher Lage grün, in mehreren Lagen übereinander zum Teil rot. Das gleiche Rot erhält man, wenn man eine Flasche mit möglichst gesättigter klarer Chlorophyllösung gegen das Licht hält. Die Erscheinung kommt dadurch zustande, daß die an das Ultrarot grenzenden langwelligen Teile des Spektrums (bei der Linie A) die Blätter oder die Chlorophyllösung passieren, während das kurzwelligere Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett absorbiert werden, so daß ein im wesentlichen einfarbiges Licht entsteht. Betrachtet man eine verdünnte grüne und eine konzentrierte tintenartige Chlorophyllösung durch einen Apparat mit zwei übereinanderliegenden Vergleichsspektren, so erkennt man leicht, daß das Rot der satten Chlorophyllösung ultrarotwärts von dem bekannten Absorptionsstreifen bei C, wie ihn die verdünnte Lösung zeigt, liegt.

Dieses äußerste Rot ist bekanntlich der Bezirk, in welchem die Assimilationskurve schnell abfällt, und in dem auch kaum ein Ergrünen etiolierter Pflanzen erfolgt. Wir haben es in dem durchgelassenen Rot also mit einer für die Pflanze ziemlich wertlosen Strahlensorte zu tun, während das kurzwelligere Rot zwischen B und C die Assimilation bekanntlich sehr fördert. Beide Lichtbezirke erscheinen dem Auge aber so gut wie gleich und sind nur spektroskopisch sicher zu unterscheiden.

Nach Zusatz von Säure wird eine alkoholische Chlorophyllösung bräunlich (Phäophytin). Der Absorptionsstreifen in Grün tritt nun deutlich hervor, ein sicheres Kennzeichen für zersetztes Chlorophyll.

Neben Chlorophyll befindet sich in den Pflanzen ein Enzym: eine »Esterase«, die Chlorophyllase genannt wird und die imstande ist, den Phytolester Chlorophyll unter Bildung von Phytol zu spalten. Nimmt man diese Reaktion in Alkohol vor, so tritt eine »Alkoholyse« ein, d. h. es wird für den Rest des Phytols der des betreffenden Alkohols aufgenommen. Man kann auch mit Hilfe desselben Enzyms die partielle Synthese des Chlorophylls aus den zwei Komponenten, dem Chlorophyllid und dem Phytol bewerkstelligen.

Die auffallende Lichtbeständigkeit des lebenden Chlorophylls hängt nach Iwanowski (1913) mit dem kolloiden Zu-

stand desselben im Chloroplasten zusammen. Seine Versuche mit kolloiden Chlorophyllösungen zeigten, daß mit der Verminderung der Schichtendicke die Zerstörung derselben Menge von Chlorophyll stark verlangsamt wird, d. h., daß die Lichtbeständigkeit des kolloiden Chlorophylls mit der Erhöhung der Konzentration zunimmt, während das gelöste Chlorophyll bezüglich seiner Zerstörbarkeit von der Konzentration unabhängig ist. Es ist hier aber wieder daran zu erinnern, daß das Chlorophyll sich im Chloroplasten in echter, nicht in kolloider Lösung vorfindet.

Aus der Tatsache, daß Benzin nicht imstande ist (außer mit Alkohol vermischt) aus trockenen Blättern Chlorophyll herauszulösen, schloß Tswett (1906) auf eine Adsorption des Chlorophylls an die Substanz der Grane; von diesen kann es wohl durch Alkohol, Äther usw., nicht aber durch Benzin losgerissen werden. Nach unseren heutigen Anschauungen ist aber das Chlorophyll nicht in den Grana abgelagert, sondern in der cytoplasmatischen Grundsubstanz der Chloroplasten lipoid gelöst.

Die Lage der Absorptionsbänder im Spektrum des Blattes ist nicht dieselbe wie die beim alkoholischen Auszuge. Da jede Veränderung des Spektrums auf einer chemischen Veränderung beruhen kann, so ist es wichtig, festzustellen, worauf in diesem Falle der Unterschied beruht. Bisher wurden mehrere Hypothesen zur Erklärung dieser Erscheinungen aufgestellt, vor allem, daß das Chlorophyll dem Chloroplasten in fester Form eingelagert sei (Hagenbach, Lommel, Reinke), und andererseits, daß die Chloroplasten gelöstes Chlorophyll enthalten, dessen Spektrum durch das Dispersionsvermögen des Lösungsmittels modifiziert werde (Kunth, Tschirch). Entgegen diesen Annahmen kommt Iwanowski (1907) zu der Erkläruung, daß das Absorptionsspektrum des Chlorophylls im Blatte durch ein Reflektionsspektrum in der Weise beeinflußt wird, daß in den Chloroplasten feinere isolierte Körner des Chlorophylls enthalten sind, welche das Licht zurückwerfen. Lubimenko (1921) deutet die Verschiedenheit des Spektrums beim isolierten Chlorophyll und im lebenden Blatt dahin, daß das Chlorophyll in inniger Verbindung mit dem Eiweißkomplex der Plastiden stehe und wahrscheinlich chemisch an ihn gebunden sei. Im lebenden Blatt dürfte nur eine Modifikation des Chlorophylls bestehen und die Modifikation a und b durch Koagulation der Eiweißsubstanz der Plastiden zustande kommen. Vielleicht würden auch die einzelnen Pflanzen verschiedenes Chlorophyll enthalten, worauf die spektroskopischen Befunde an lebenden Blättern hinweisen, und zwar dürfte es sich hier um Verschiedenheiten der an das Chlorophyll gebundenen Eiweißsubstanzen handeln.

Die Karotinoide kommen nicht nur in den Chloroplasten, sondern auch in den Chromatophoren in Blüten, Früchten und Wurzeln vor, entweder gelöst oder kristallisiert. In letzterem Falle bestimmen sie oft die Form der Chromoplasten, z. B. im Kelch von *Tropaeolum majus*, im äußeren Perigon von *Strelitzia reginae*, in der Möhre, in den Früchten von *Asparagus*, von *Rosa*, von Tomaten, von *Sorbus* usw.

Lycopin, aus alkoholentwässerten zerkleinerten Tomaten mit Schwefelkohlenstoff ausziehbar, löst sich im ganzen schlechter als Karotin, verhält sich sonst fast ebenso.

Der Nachweis der Karotinoide im Gewebe läßt sich nach Molisch (1896) mit alkoholischer Kalilauge erbringen. Man erhält gelbe bis braunrote Kristalle, die in auffallendem Licht Perlmutterglanz zeigen.

Van Wisselingh erzielte durch Erwärmung der Objekte in 10%iger Lösung von KOH in Glyzerin bis auf 140° in manchen Fällen Ausscheidung von gut ausgebildeten, rotvioletten, plättchenförmigen Karotinoidkristallen. Bei der Tomate führt schon Erwärmung in Glyzerin allein zu diesem Ergebnis. Ferner kann man die Karotinoide durch konzentrierte Resorzinlösung (Tswett 1900), durch verdünnte Säuren (Frank), Alkohol (van Wisselingh) zur Darstellung bringen.

Das Karotin bildet orangerote rhombische Kristalle, die in auffallendem Lichte blaugrün sind.

Aus dem Extrakt getrockneter Blätter von *Urtica* erhielt Willstätter (1907) einen schön krisallisierten gelben Körper.

der mit dem Karotin von *Daucus carota* identisch ist. Der Körper stellt einen Kohlenwasserstoff von der Formel $C_{40}H_{56}$ dar, der den Terpenen verwandt zu sein scheint. An der Luft nimmt er begierig, bis 34,3% seines eigenen Gewichtes, Sauerstoff auf.

Van Wisselingh (1915) kommt in Übereinstimmung mit den makroskopischen Untersuchungen Willstätters auf Grund seiner mikrochemischen und mikroskopischen Untersuchungen zu dem Schlusse, daß es nicht ein, sondern mehrere Karotinoide im Pflanzenreiche gibt.

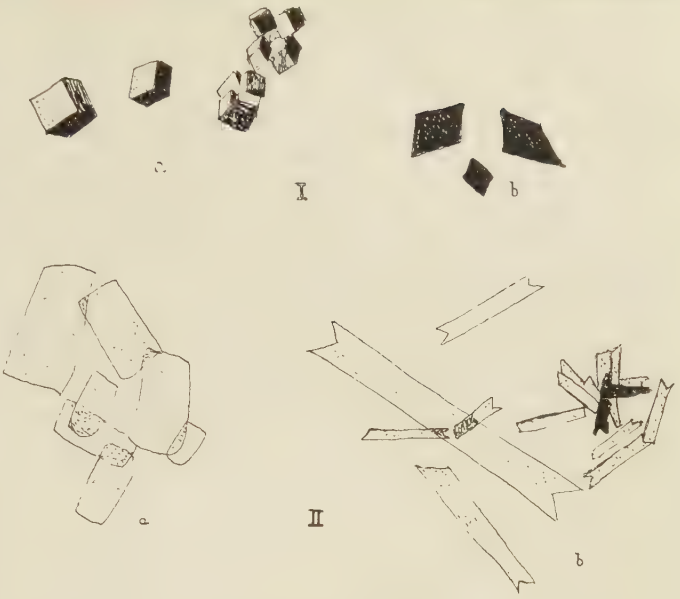


Abb. 3.
I. Karotin. *a* aus Schwefelkohlenstoffalkohol, *b* aus Petroläther. — II. Xanthophyll. *a* aus Äthylalkohol, *b* aus Methylalkohol. (Nach Willstätter 1913.)

Das Xanthophyll ist ein Oxydationsprodukt des Karotins. Es kommt ihm die Formel $C_{40}H_{56}O_2$ zu. Wie das Karotin selbst, absorbiert es begierig Sauerstoff, dadurch wird es gebleicht und geht in einen weißen Körper von der Formel $C_{40}H_{56}O_{10}$ über. Die Fähigkeit des Karotins und Xanthophylls, im hohen Maße Sauerstoff zu absorbieren, macht die Annahme von Arnaud wahrscheinlich, daß es sich bei diesen beiden Körpern um Überträger des Sauerstoffs handelt.

In den Algen finden wir ferner noch einige Chromatophorenpigmente, z. B. das Phykoerythrin und das Phykocyanin, die beide offenbar in verschiedenen Modifikationen vorkommen. Die physiologische Funktion dieser Pigmente steht wahrscheinlich mit den Lichtverhältnissen, unter denen die verschiedenen Algen leben, im engsten Zusammenhang. Dies geht schon daraus hervor, daß wir in den dunkelsten Tiefen des Meeres, soweit überhaupt noch Algenvegetation vorkommt, die Florideen antreffen, während die Braunalgen in den seichten Küstengewässern vorkommen, und die Grünalgen endlich das hellste Licht bevorzugen.

Die Rolle des Phykoerythrins besteht nach Hanson (1909) darin, daß es blaugrünes Licht absorbiert und es in Licht verwandelt, welches mit den Absorptionsbändern I und III des Chlorophylls korrespondiert. Hierdurch unterstützt es die Rolle des Chlorophylls bei der Assimilation.

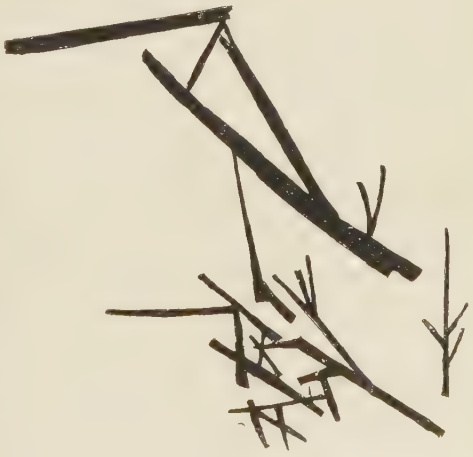


Abb. 4.
Fukoxanthin aus Methylalkohol. (Nach Willstätter.)

Molisch (1906) betrachtet das Phykocyan und das Phykoerythrin auf Grund der Löslichkeitsveränderungen nach Erhitzen, der positiv ausfallenden Eiweißreaktionen und ihrer Aussalzbarkeit als Eiweißstoffe.

Auch Hanson ist der Ansicht, daß das Phykoerythrin den Eiweißkörpern verwandt ist, aber andererseits kein echter Eiweißkörper ist, da es zu wenig Stickstoff enthält und nicht die Biuretreaktion gibt.

In den Cyanophyceen kommt neben Chlorophyll Phykocyan vor. Dieses wurde von Kylin (1912) auch bei mehreren Florideen gefunden. Es kommt in verschiedenen Modifikationen vor. Man kann ein blaugrünes, ein blaues und ein blauviolettes Phykocyanin voneinander trennen. Im Zustande des Stickstoffhungers unterbleibt nach Boresch (1913) und nach Pringsheim (1913) die Phykocyanbildung ebenso wie die Chlorophyllbildung. Nach Teodoresco (1916) findet sich bei *Nostoc commune* auch Phykoerythrin.

Vom Phykocyan gibt es mehrere Arten (Molisch, Kylin). Nach Czapek gehören auch Gloeocapsin und Scytonemin zur Phykocyangruppe.

Das Phykocyan ist in Wasser löslich und läßt sich aus der Lösung nach Zusatz von Ammoniumsulfat durch Verdunsten in Kristallen gewinnen. Die Kristalle sind tiefblau und eiweißhaltig. Sie sind löslich in Wasser, Glyzerin, verdünnten Alkalien, unlöslich in Alkohol, Äther, Benzol, Schwefelkohlenstoff und verdünnten Säuren. Bei Behandlung mit siedendem Wasser, Alkohol oder verdünnten Säuren verlieren sie ihre Löslichkeit in Wasser.

Borresch (1922) wies endlich bei einer Palmellococcusart das Vorkommen von Schizophyceenphykoerythrin neben Phykocyan nach. Gleichzeitig konnten in dem mit Wasser ausgelaugten gelblichgrünen Filterrückstand dieser Alge Chlorophyll und Karotene nachgewiesen werden. Demgegenüber fand Wille (1922) bei dem von ihm untersuchten *Phormidium persicinum* (Rke.) Gom. nicht das von Borresch gefundene Schizophyceenphykoerythrin, sondern echtes Florideenphykoerythrin.

Bei Braunalgen fand Molisch (1905), daß beim Eintauchen des Thallusstückes in siedendes Wasser plötzlich eine Umfärbung von braun in grün eintritt; Molisch gibt die Erklärung dahin, daß der Farbstoff der Braunalgen, das Phäophyll, kein eigentlicher Farbstoff ist, sondern ein modifiziertes braunes Chlorophyll sei. Begründet wird dies durch den Hinweis, daß es nicht möglich ist, aus den Braunalgen einen braunen Farbstoff zu extrahieren, und ferner ist gerade der braune Farbstoff der Phäophyten ein sehr geeignetes Mittel, um kristallisiertes Karotin herzustellen; dies wäre nach Molisch ausgeschlossen, wenn das Phäophyll als eigener Farbstoff vorhanden wäre. Derselbe Prozeß vollzieht sich augenblicklich in konzentrierter alkoholischer Kalilauge, wobei aber ebenso wie beim grünen Sproß eine Rückverwandlung in die ursprüngliche braune Farbe stattfindet, welche sich aber dann dauernd in grün verwandelt. Der Umschlag in der ersten Phase vollzieht sich außerordentlich schnell. Bei der Braunalge ist die braune Laktamform, die beim grünen Sproß erst durch Anwendung von Lauge entsteht, die stabile, sie wird bei der Braunalge durch Lauge in die grüne, hier unstabile verwandelt, die bei der grünen Pflanze die normale und ständige ist. Infolge der Unstabilität des grünen Laktamringes verwandelt er sich bei der Braunalge schnell wieder in braun, um dann schließlich, wenn die Alge getötet ist, in den nunmehr beständigen grünen Ring dauernd überzugehen.

Gegenüber der Anschauung von Molisch, daß sich bei den Phäophyceen eine besondere Chlorophyllmodifikation, das Phäophyll, vorfinde, besteht der Phäophyceenfarbstoff nach Tswett (1905) im wesentlichen aus einem Gemisch von vier Pigmenten. Zwei gehören zur Chlorophyllgruppe, die beiden anderen der Xanthophyllgruppe angehörenden Farbstoffe sind Karotin und Fukoxanthin. Dieses letztere ist im freien und ungelösten Zustande braun, wird aber, wie schon 1873 Sorby bekannt war, durch Salzsäure in einen prächtig blauen Farbstoff verwandelt; dies ist die »Leukocyan- bzw. Phäocyan-Reaktion« von Molisch.

Willstätter zeigte dann, daß der früher als Phäophyll bezeichnete Farbstoff der Phäophyceen und Diatomeen in erster Linie aus Chlorophyll besteht, in welchem aber das Chlorophyll a 95 % der ganzen Menge ausmacht. Außer diesem Chlorophyll fand er Karotin und Xanthophyll, sowie Fukoxanthin.

Die Peridineen sollen nach Schütt (1890) drei Farbstoffe, das Peridineen-Chlorophyllin, Peridinin und Phykopyrrin enthalten, doch sind diese Angaben sicher veraltet. Wahrscheinlich enthalten die Peridineen außer Chlorophyll Karotin, Xanthophyll und Fukoxanthin.

Die Pigmente der *Chromulina Rosanoffii* scheinen sich den Chromatophorenfarbstoffen der Peridineen und Diatomeen anzureihen. Klebs (1892) hat den Farbstoff Chrysochrom genannt. Gaidukow (1900) gibt an, daß sich aus der genannten Flagellatenform einerseits ein wasserlösliches goldbraunes Pigment gewinnen läßt, das Phykochrysin, andererseits ein in Alkohol lösliches Chrysochlorophyll und Chrysoxanthophyll.

Erwähnt sei endlich noch, daß weder das »Bakteriochlorin der Purpurbakterien, noch das Bakterioviridin der grünen Bakterien mit dem Chlorophyll identisch ist« (Metzner 1922).

Als interessanter Nebenbefund, der aber anscheinend mit den spezifischen physiologischen Eigenschaften der Chloroplasten nichts zu tun hat, ist anzugeben, daß nach Molisch (1899) das Chlorophyllkorn den Hauptsitz des Indikans bei den Indikanpflanzen darstellt, wodurch die Anwesenheit eines stickstoffhaltigen Glukosids im Chlorophyllkorn der genannten Pflanzen zum ersten Male nachgewiesen wurde.

Die Funktion der Chloroplasten ist von der allergrößten Bedeutung, da die Chloroplasten die Stätte sind, wo durch den Assimilationsprozeß der Pflanzen der anorganisch gebundene Kohlenstoff mit Hilfe des Chlorophylls in organische Kohlenstoffverbindungen umgewandelt wird.

Man kann die Assimilation des Kohlenstoffs, zu der die Kohlensäure der Luft benutzt wird, in zwei Prozesse einteilen, nämlich

1. $H_2CO_3 = HCOH + O_2$. Also Umwandlung der Kohlensäure in Formaldehyd unter Abgabe von Sauerstoff und

2. $6\,HCOH = C_6H_{12}O_6$, die Kondensation des Formaldehyds zu Traubenzucker und zu Stärke.

Das Material, aus welchem die chlorophyllhaltige Pflanze ihren Kohlenstoff bezieht, ist allein die Kohlensäure der atmosphärischen Luft oder für Wasserpflanzen die im Wasser enthaltene Kohlensäure, welche unter der Einwirkung von Lichtschwingungen innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen von den chlorophyllhaltigen Zellen zersetzt wird.

Die erste sichtbare Verbindung, welche als Produkt der Assimilation nachweisbar ist, ist bei den meisten Pflanzen Stärke, die in Form kleiner Körnchen in den Chlorophyllkörnern auftritt, oder in einigen Fällen an deren Stelle Zucker oder fettes Öl.

Von den oben genannten Reaktionen können wir die erstere als Photosynthese, die zweite als Chemosynthese bezeichnen. Mit Hilfe des Chlorophyllapparates werden Kohlensäure und Wasser, also Substanzen ohne potentielle Energie, in solche mit potentieller Energie verwandelt.

Bereits vor längerer Zeit hat Timiriazeff behauptet, daß das fluoreszierende Chlorophyll die Fähigkeit besitze, kurzwellige Strahlen in langwellige, besonders in das stark assimilierende Rot, umzuwandeln. Ob das Chlorophyll im lebenden Chromatophor aber überhaupt fluoresziert, darüber gingen die Meinungen sehr auseinander. Für die Beurteilung der Streitfrage erscheint Molisch eine Beobachtung von Hansen von Wichtigkeit. Hansen versetzte eine alkoholische Chlorophyllösung mit einem Tropfen Olivenöl und schüttelte. Sobald eine Emulsion entstand, verschwand die Fluoreszenz, kehrte aber wieder, nachdem sich die Tröpfchen zu Boden gesetzt hatten. Kohl nahm statt des Olivenöls Quarzpulver und erzielte denselben Erfolg. Molisch endlich konnte zeigen, daß derartige Versuche auch mit anderen fluoreszierenden Körpern (Phykocyan, Phykoerythrin, Aeskulin, Eosin) gelingen. Er meint im Gegensatz zu Kohl, daß die Fluoreszenz auch im trüben Medium auftritt, daß wir sie aber nicht sehen, weil der trübe Körper das einfallende Licht nach allen Seiten zurückstrahlt und das Fluoreszenzlicht hierdurch verdeckt. Derselbe Vorgang muß sich im lebenden Chlorophyllkorn vollziehen, da hier das Stroma, verstärkt durch andere in der Zelle vorhandene Körper (Stärke, Vakuolen, Fetttröpfchen, Harzkügelchen usw.), die Stelle des trüben Mediums vertritt.

Hieraus erklärt es sich, warum wir unter gewöhnlichen Umständen die grünen Blätter nicht fluoreszieren sehen.

Molisch kommt daher zu dem Ergebnis: »Da im Chlorophyllmolekül jeder einfarbige absorptionsfähige Lichtstrahl, von welcher Farbe auch immer, die nämliche rote Fluoreszenzfarbe zwischen B und C hervorruft (Lommel), und da gerade dieses Licht das assimilatorisch wirksamste ist, so wird das in die grüne Pflanze einstrahlende Licht in außerordentlich ökonomischer Weise ausgenutzt, und als Vermittler dieser Lichtausnützung müssen Absorption und Fluoreszenz des Chlorophylls hingestellt werden. Das Chlorophyll kann geradezu als eine Fabrik von rotem Licht bezeichnet werden.«

Die gelben Pigmente sollen nach Ansicht von Iwanowski (1913) die Aufgabe haben, das Chlorophyll vor der zerstörenden Wirkung des Lichtes zu schützen und zwar dadurch, daß sie die blauen und besonders die violetten Strahlen absorbieren, deren chlorophyllzerstörende Kraft sehr hoch ist.

Wir kommen nunmehr zu den im Zellsaft gelösten Farbstoffen. Hier sind in erster Linie die Anthocyane zu nennen (vgl. B, 35 ff.). Bei einer sehr großen Anzahl intensiv gefärbter Pflanzen sind die Anthocyane auch kristallinisch oder amorph ausgeschieden. So findet man Kristalle z. B. in der Epidermis und dem Mesophyll der Blätter des Rotkohls, neben tropfenförmigen Ausscheidungen auch bei *Begonia maculata* und *Pelargonium zonale*. Nach Molisch findet man sie auch bei anderen Pflanzen, am häufigsten an dunklen Flecken auf Blumenblättern. Seltener findet man, im Zellsaft gelöst, auch gelbe Farbstoffe, die Anthochlore, z. B. in den Zellen der gelben Blütenblätter der Primel, des gelben Fingerhutes, der Löwenmäulchen, der Königskerze. Der Farbstoff der Primel zersetzt sich beim Trocknen und bildet einen wasserlöslichen, grünen Farbstoff, der dem Chlorophyll nach v. Lingelsheim sehr ähnlich ist. Bei einigen Pflanzen findet man auch einen braunen Farbstoff, das Anthopheein, z. B. in den Zellen der schwarzbraunen Flecken in den Saubohnenblüten.

Die Anthocyane sind Cyanidine, die an Zucker gebunden sind, z. B. bei den Kornblumen das Cyanidin, bei den Blüten des Rittersporns das Delphinidin, bei den Pelargonien das Pelargonin. Die Zahl der von diesen Cyanidinen abgeleiteten Cyanine ist sehr groß. Ein bestimmtes Anthocyanin ist nicht auf eine Pflanzenart beschränkt; Cyanin findet sich z. B. nicht bloß bei der Kornblume, sondern auch in roten Rosen, in dunkelroten Dahlien. Es kommen auch Mischungen verschiedener Anthocyanine vor. Der Farbstoff der Blütenblätter von *Papaver rhoeas* ist ein Mischfarbstoff und besteht aus den Diglukosiden zweier Anthocyanidine, der eine, das Mecocyanin, ist ein Glukosid des Cyanidins, der andere ist den Glukosiden des Delphinidins ähnlich. Die Cyanidine, die auch frei in Zellsäften vorkommen können, sind Hydroxylverbindungen eines Phenylbenzopyryliums; sie sind den Flavonen verwandt, die in den Pflanzen sehr verbreitet sind. In roten Blüten sind die Cyanidine an Säuren gebunden, in blauen an Alkalien, in violetten sind es neutrale Farbstoffe. Auch die Anthochlore sind Glukoside mit aromatischen Farbstoffkomponenten, die zu den Flavonen gehören, oder solche freien Flavone. Bei *Ruta graveoleus* und in den Blättern vom Buchweizen findet sich das Rutin, bei *Scutellaria, Galeopsis* und *Teucrium* kommt das Scutellarin vor. Zu den Flavonen gehören ferner noch verschiedene Farbstoffe der Kernhölzer, auf die wir später noch einzugehen haben. In der Quercitronrinde von *Quercus tinctoria* Bart. finden wir das Glukosid Quercitrin bzw. sein Spaltungsprodukt, das Quercetin.

Eine weitere Gruppe im Zellsaft gelöster Farbstoffe bilden die Anthracenderivate (s. B, 10 u. ff.), besonders die Oxymethylanthrachinone, zu denen die Chrysophansäure, das Emodin und das Rhein gehört. Diese Stoffe kommen teils einzeln, teils nebeneinander bei den Polygonaceen besonders bei Rheum, ferner beim Faulbaum und verschiedenen anderen therapeutisch als Abführmittel benutzten Drogen vor. In die gleiche Gruppe gehört auch das Aloin, welches sich in den weitzelligen Kappen der Bastteile der Gefäßbündel von Aloeblättern

vorfindet. Ferner ist hier die Ruberythrinsäure, ein gelbes Glukosid zu nennen, welches den wichtigsten Bestandteil der in der Wurzel von *Rubia tinctorum* L. und anderen Rubia-Arten, ferner auch in Galium- und Asperula-Arten enthaltenen Krappfarbstoffe (Alizarin, Purpurin) bildet. Endlich ist hier das Alkannin anzuführen, welches sich in der Wurzelrinde verschiedener Borraginaceen vorfindet, nämlich der Gattungen *Alcanna, Anchusa, Arnebia, Ecchium, Erytrichium, Krynitzkia, Lithospermum, Macrotomia, Onosma* und *Plagiobotrys*. Bei allen Alkanninpflanzen ist im frischen Zustande kein Farbstoff enthalten, sondern er bildet sich erst beim Trocknen. Nach Vogl bildet sich das Alkannin im Zellinhalte der äußeren Rindenschicht; die Zellen sterben dann ab und verkorken. Die Bildung des Farbstoffes schreitet nicht nur bis in die Innenrinde fort, sondern dringt auch, den Markstrahlen des Holzkörpers folgend, bis in das Mark und ist nach Vogl die Ursache der eigentümlichen Zerklüftung der Wurzel. Nach Eriksson ist gerade umgekehrt die Zerklüftung die Ursache der Farbstoffbildung. Das Alkannin (B, 27) scheint aus zwei roten Farbstoffen zu bestehen.

Wenden wir uns zur Indigogruppe, zu welcher das Indol zu rechnen ist, welches bei Citrusarten und in bestimmten Bakterienkulturen vorkommt. Ferner gehören hierher das Glukosid Indikan, das nach Molisch hauptsächlich in den Chloroplasten vorkommt, aus welchem sich bei den Indigopflanzen (*Indigofera, Phajus grandiflorus* u. a.) nach dem Absterben das Indigoblau bildet. Im Färberwaid, *Isatis tinctoria,* ist ein anderes Glukosid vorhanden, das Isatan, welches kein Indoxylglukosid ist, sondern eine andere leichtzersetzliche Indoxylverbindung. Aber auch bei der »Waidgärung« entsteht Indigotin (s. B, 129).

Endlich sei noch angeführt das Bixin, in der subepidermalen Zellreihe des Samens von *Bixa orellana* L., welches den Orleanfarbstoff, das Curcumin, in den Sekretzellen des Kurkuma-Rhizoms, von *Curcuma longa* L., das Crocin aus dem Safran — hier findet sich der Farbstoff teils im Zellsaft gelöst, teils sieht man sehr empfindliche Chromatophoren —, das Helichrysin, der gelbe Farbstoff der Hüllblätter von Helichrysumarten, das Luteofilin aus den Blättern verschiedener Monokotyledoneen, das Carthamin und Saflorgelb des Saflors *(Carthamus tinctorius* L.) und endlich das Serratulin aus dem Blatt von *Serratula tinctoria.*

Als letzte Gruppe haben wir die Farbstoffe zu besprechen, welche von den Pflanzenzellen ausgeschieden werden. Hier kommen vor allem Farbstoffe der Bakterien, Pilze und Flechten in Betracht, sowie solche Farbstoffe, die gleichzeitig mit Pflanzengummi bei Bäumen ausgeschieden werden, und hier die abgestorbenen Zellen des Kernholzes färben. Die Farbstoffe der Bakterien, Pilze und Flechten sind zum Teil allerdings auch in den Zellen enthalten, so daß sie hier gewissermaßen eine Übergangsstellung einnehmen.

Unter den Bakterien kennen wir eine ganze Anzahl, welche verschiedene Farbstoffe ausscheiden. Am wichtigsten ist der *Bacillus prodigiosus,* dessen Farbstoff das Prodigiosin, früher häufig Veranlassung zu dem Glauben an blutende Hostien gab. Nach neueren Anschauungen ist auch das Tizian-Rot der älteren italienischen Maler Prodigiosin, welches sich diese durch Züchtung des *Bacillus prodigiosus* auf stärkehaltigen Speisen herstellten. Auch viele Hefen scheiden Farbstoffe aus, und nachdem man in neuester Zeit festgestellt hat, daß hefeähnliche Organismen Symbionten der Blutläuse sind, ist zuerst von Pierantoni darauf hingewiesen worden, daß die Farbstoffproduktion der Schildlaus auf diesen Symbionten zurückzuführen sei. Peklo machte dann die ersten positiven Beobachtungen in dieser Richtung betreffs des roten Farbstoffes der Blutlaus. Wir müssen daher heute sowohl die Carminsäure, den Farbstoff der Cochenilleschildlaus, als auch das Scharlachrot, welches im Altertum und Mittelalter eine große Rolle als eines der wichtigsten Färbemittel für Seide und Wolle spielte, und von der Kermeslaus gewonnen wird, als Pflanzenfarbstoffe hefeähnlicher Organismen ansprechen.

Von den Flechtenfarbstoffen kommen in erster Linie Lackmus, Orseille und Persio in Betracht. Die Farbstoffe dieser

Gruppe sind nicht in den Pflanzen vorgebildet, sondern entstehen erst durch den Fabrikationsprozeß. Als Stammpflanzen kommen verschiedene Roccellaarten und für die Erdorseille einige Chrolechia-Arten in Betracht. Die farblosen Flechtensäuren stellen Orcinderivate dar und finden sich teils innerhalb, teils außerhalb der Zellen, so befinden sich das Erythrin und die anderen chromogenen Äther in der Conidienschicht, aber auch in der Rindenschicht der Flechten außerhalb der Hyphen als Sekrete ausgeschieden, wie man sich nach Tschirch mittels Hypochlorit und durch das Polarisationsmikroskop überzeugen kann, während das mit Vanillin-Schwefelsäure nachzuweisende, vom Pilz gebildete Orcin im Inhalt, besonders der Elemente der Apothecien, Spermogonien und Soredien sich vorfindet. Das Erythrit wird von der Alge gebildet, die wohl auch die Esterifizierung besorgt.

Die Farbstoffe der Kernhölzer. Bei den meisten Bäumen sterben die lebenden Elemente im zentralen Teil des Holzes allmählich ab, und die Gefäße werden verstopft, während nur der äußere Teil, das sogenannte Splintholz, lebende Zellen enthält. Das dunklere Kernholz ist dichter, härter und fester als das Splintholz und wird durch Einlagerung verschiedener Stoffe gegen Zersetzung geschützt. Solches Kernholz finden wir z. B. bei unserer Eiche und am ausgesprochensten bei den Ebenhölzern, deren Kern schwarz ist. Je dunkler das Kernholz ist, desto fester und dauerhafter pflegt es zu sein. Vor dem Absterben bilden die lebenden Zellen des Holzes, die ihre Reservestoffe auflösen, meist verschiedene organische Stoffe, darunter besonders Gerbstoffe, die in die Membranen der umgebenden Elemente eindringen, ferner harz- und gummiartige Körper, die als Schutz- und Kerngummi ihre Hohlräume zum Teil verstopfen. Meist verleihen die Oxydationsprodukte der Gerbstoffe den toten Holzteilen die dunkle Färbung, und die Gerbstoffe schützen den toten Holzkörper vor Zersetzung. Die Gefäße des toten Holzes werden teils durch Ansammlungen von Kerngummi, teils durch Thyllen verstopft.

Unter den Kernhölzern, die zu Färbezwecken dienen, steht in erster Linie das Blau- oder Campecheholz von *Haematoxylon campechianum*. Das Holz enthält das farblose Haematoxilin, welches durch Oxydation in das Haematein übergeht. Wahrscheinlich ist das Haematoxylin im Holz in Form eines Glukosides enthalten, das erst durch Fermentation zersetzt wird. Ferner ist zu nennen das Fisetholz oder ungarisches Gelbholz von *Cotinus coggygria*. Das Kernholz ist schön grünlich-gelb gefärbt. Durch Auskochen des Holzes mit verdünnter Sodalösung und Eindampfen des Auszuges erhält man das Cotinin des Handels. Als echtes Gelbholz kommt das Kernholz von *Chlorophora tinctoria*, einer im tropischen Amerika wachsenden Moracee in den Handel. Das Gelbholz enthält Morin, einen zu den Flavonen gehörenden Farbstoff und das Maclurin, die Moringerbsäure, ein Farbstoff, der dem Cotoin der Cotorinde nahesteht. Ein weiteres Farbholz ist das Rotholz, auch Fernambukholz oder Brasilholz genannt, von *Caesalpinia echinata* Lam., einer im tropischen Amerika weitverbreiteten Leguminose. Das Kernholz ist innen gelblich bis gelbbraun und wird in der Luft durch Oxydation rasch dunkelrot bis braun. Rotholz enthält als Farbstoff das Brasilin, das durch Oxydation in den eigentlichen Farbstoff, das Brasilein, übergeht. Noch eine Anzahl anderer Rothölzer führen Brasilin und Brasilein, so z. B. das Holz von *Caesalpinia sappan* L., *C. bijuga* Sw., *C. brasiliensis, Baphia nitida* Afz., *Coulteria tinctoria* Kunth., *C. chilensis* D. C., *Vouapa simira* Aubl. Ferner ist noch zu nennen das rote Sandelholz, auch Kaliaturholz, von *Pterocarpus santalinus* L. f., einer in Ostindien und auf den Philippinen heimischen und dort auch kultivierten Leguminose. Außen ist es schwarzrot, innen blutrot. Als Farbstoff enthält es das Glukosid Santalin.

Das sog. Purpurholz, das Kernholz von *Copaifera bracteata*, enthält den Farbstoff Phoenicein.

Endlich sei hier noch das »Drachenblut« genannt, unter welcher Bezeichnung man verschiedene Farbharze versteht. So liefern z. B. *Calamus draco* und andere Calamus-Arten in dem geronnenen Saft des Fruchtfleisches gutes

Drachenblut. Das beste ostindische Drachenblut liefert *Daemonorops draco*. Auch *Dracaena draco*, *Dr. cinnabaris* u. a. liefern, und zwar aus der Rinde, ein rotes Harz, das ebenfalls als Drachenblut gehandelt wird.

Ernst Gilg
und P. N. Schürhoff.

B. Chemischer Teil.

Im Altertum waren als pflanzliche Färbematerialien bekannt: Alkanna, verschiedene Flechten, Ginster, Krapp, Galläpfel, Waid, der Samen des Granatapfels und eine ägyptische Akazie. Nach der Entdeckung Amerikas kamen hinzu: Blauholz, Rotholz, Quercitron und Orlean.

Die Naturfarbstoffe finden auch jetzt noch eine gewisse Verwendung, da einzelne von ihnen, wie Blauholz, Gelbholz usw. für gewisse Töne noch unerreicht dastehen.

Man kann die Farbmaterialien einteilen in:

A. **Pflanzliche Färbedrogen:**
- a) Ganze Organismen: Flechten, Orseille.
- b) Unterirdische Pflanzenorgane: Gelbwurzel, Alkanna, Krapp.
- c) Rinden: Quercitron.
- d) Hölzer: Gelbholz, Rotholz, Blauholz, rotes Sandelholz, ungarisches Gelbholz.
- e) Kräuter und Blätter: Waid, Färberginster, Wau.
- f) Blüten und Blütenteile: Safran, Saflor.
- g) Früchte und Fruchthaare: Gelbbeeren, Kamala.

B. **Natürliche organische Pflanzenfarbstoffe** (z. T. Rohstoffe im engeren Sinne):
Gummigutt, Indischgelb, gelbe Pflanzenlacke, Krapplack, Lac Dye, Orlean, Orseille, Persio, französischer Purpur, Lackmus, Lokao, Indigo.

C. **Rohstoffe, die gleichzeitig Färbe- und Gerbmaterialien sind:**
Katechu, Gambir, Kino.

Man kann die Pflanzenfarbstoffe auch vom chemischen Gesichtspunkte aus nach ihrer Konstitution einteilen. Sie leiten sich von aromatischen Kohlenwasserstoffen ab. Die meisten natürlichen Farbstoffe enthalten keinen Stickstoff, dafür aber die chromophore CO-Gruppe. Sie sind meist Ketonfarbstoffe von schwach saurem Charakter und ziehen auf Beizen; diese Eigenschaft wird bedingt durch die Anwesenheit von auxochromen Hydroxylgruppen, von denen stets eine in Nachbarstellung zur Ketogruppe steht.

Die im folgenden eingehaltene chemische Einteilung (s. Inhaltsübersicht) ist gewählt im Einklang mit der Stoffverteilung der meisten Lehrbücher der organischen Chemie.

Die einzelnen Farbstoffe.

1. **Cotoin** (Benzoyl-phloroglucin-monomethyläther) $C_{14}H_{12}O_4$, gelbe Prismen vom Schmelzpunkt 130—131 °, aus der echten Cotorinde (unbekannte Spezies der Lauraceen bzw. Monomiaceen), einer zuerst 1874 bekannt gewordenen brasilianischen und bolivianischen Rinde.

2. **Phloretin** $C_{15}H_{14}O_5$, Prismen vom Schmelzpunkt 250 °, kommt in Form von 2 Glukosiden: Phlorizin (mit Traubenzucker) und Glycyphyllin (mit Rhamnose) in der Wurzelrinde verschiedener Obstbäume (Apfel, Kirsche und Pflaume) und in den Blättern und Stengeln der australischen Liliacee *Smilax glycyphylla* vor. Phloretin ist Phloretinsäure-phloroglucylester.

3. **Maklurin** (Moringerbsäure) $C_{13}H_{10}O_6+H_2O$, blaßgelbe, säulenförmige Kristalle, die bei 130—140 ° das Wasser verlieren und bei 200° schmelzen. Wasserfreies Maklurin ist ein gelbes, kristallinisches Pulver: 2,4,6,3′,4′-Pentaoxybenzophenon. Findet sich zusammen mit Morin im Gelbholz (Nr. 100), dem Holze des in Westindien (Cuba) und Brasilien vorkommenden Färbermaulbeerbaumes *Chlorophora tinctoria* Gaudich (*Maclura tinctoria* D. Don, *Broussonetia tinctoria* Spreng, *Morus tinctoria* L) — Familie Moraceae, Unterfam. Moroideae —, das als »Old Fustic« in den Handel kommt. Das Maklurin befindet sich in der Flüssigkeit, die zum Auslaugen des rohen Morins oder des Gelbholzextraktes gedient hat. Seine färbenden Eigenschaften sind sehr gering; auf mit Aluminium gebeizter Baumwolle erzeugt es ein

schwaches Gelb, auf Chrom ein schmutziges Gelbgrün, auf Eisen ein sehr schwaches Grau.

Als »Patent-Fustin« ist ein Farbstoff in den Handel gebracht worden, der hauptsächlich aus Diazobenzol-Maklurin besteht und ungebeizte und gebeizte Wolle anfärbt. Im ersteren Falle erhält man in schwach saurem Bade je nach der Konzentration hellorange bis braune Nuancen, auf gebeizter Wolle und Seide werden diese etwas tiefer, und zwar mit Aluminium orangerot, mit Chrom orangebraun und mit Eisen oliv. Diese Färbungen sind gut wasch- und ziemlich seifenecht, ebenso wie die auf Baumwolle (mit Aluminium: orangerot, mit Eisen: oliv bis tiefbraun).

4. Buteablüten. *Butea frondosa* Roxb. (*Erythrina monosperma* Lam., *Butea monosperma* Taub.), Malabarischer Gummilackbaum, Kinobaum, Plossobaum, »Dhak« oder »Pulas« genannt, zur Familie der Leguminosen, Abteilung der Phaseoleen bzw. Papilionaten gehörig, ist ein schöner, 9—12 m hoher Baum, überall verbreitet in Ostindien und in Birma, sowie im Malayischen Archipel; in Nordwest-Himalaja geht er so weit als der Fluß Ihelum. Die hellorangeroten Blüten, die getrocknet im indischen Handel »tísú, tésú, késú, kesuda« oder »palásképhul« (palás-képpúl) heißen, gleichen, obwohl sie viel größer sind, sehr den Blüten des Heckensamens, Stechginsters (*Ulex europaeus* L.), mit denen sie botanisch eng verwandt sind. Die Eingeborenen sammeln die Blüten im März und April und benutzen sie für gelbe Färbungen, indem sie die Stoffe in heiße oder erkaltete Abkochungen der Blüten tauchen. Dauerhafte Färbungen werden indessen auf solche Weise nicht erhalten, da die Farbe sich abwaschen läßt; wird der Stoff dagegen erst mit Alaun oder Holzasche gebeizt, so bekommt man echte Farben. Von der *Butea frondosa* wird auch der sogenannte »Buteagummi«, »Palasokino«, orientalischer, bengalischer oder ostindischer Kino gewonnen, der von den Eingeborenen zum Ledergerben benutzt wird. In vielen Teilen Indiens lebt auf dem Baum ein Insekt, die sogenannte Lackschildlaus (Coccus laccae), deren Stich zur Ausschwitzung des Saftes führt, der zu einem Harz (Stichlack) erstarrt, aus dem Schellack und Lac-Dye (Lac-Lac) [s. Nr. 168] gewonnen werden. Der Baum gibt eine vortreffliche Holzkohle, der Samen das dickflüssige, gelbe Kinobaumöl.

In den *Butea*-Blüten sind 2 isomere Stoffe von der Zusammensetzung $C_{15}H_{12}O_5$ enthalten, das gelbe Butein und das farblose Butin (s. Nr. 109); beide Stoffe treten im Safte der lebenden Pflanze als Glukoside auf. Der Farbstoff wird durch Auspressen des gelben Saftes der frischen Blüten oder als Abkochung oder Aufguß der getrockneten Blüten gewonnen. Butein ist 3,4, 2′,4′-Tetraoxy-benzalacetophenon. Nadeln vom Schmelzpunkt 213 bis 215°, $C_{15}H_{12}O_5 \cdot H_2O$.

Da der Farbstoff in der Pflanze als Glukosid vorhanden ist, so färben die Blüten gebeizte Baumwolle gar nicht und Wolle in saurem Bade nur schwach. Wird aber, durch vorhergehendes Kochen mit verdünnter Salzsäure, das Glukosid gespalten, so erhält man einen kräftigen Farbstoff. Auf gebeizter Wolle werden verschiedene Töne erhalten, nur sind leider diese Färbungen sehr lichtunecht.

5. Gelbwurzel, Gelbwurz, Kurkuma, Turmeric, gelber Ingwer, Terra merita, Souchet, Safran d'Inde, Indian saffron ist der von den Wurzeln befreite, dann abgebrühte und getrocknete Wurzelstock (*Rhizoma curcumae*) bzw. die gepulverte Wurzelknolle von *Curcuma longa* L. (*Amomum curcuma* Murs.), einer aus Südasien stammenden, dort sowie in anderen Tropenländern (China, Cochinchina und Ostindien) wild wachsenden, aber auch angebauten Zingiberacee.

Der Form nach unterscheidet man längliche und rundliche Wurzeln (*Curcuma longa* bzw. *rotunda*). Erstere ist 2,5—9 cm lang, 1,5 cm dick, oft fingerförmig, äußerlich graugelb, runzlig, innen safran- oder orangegelb, von ingwerartigem Geruch und gewürzhaft brennendem Geschmack, Eigenschaften, die auch der *Curcuma rotunda* zukommen, die knollig rundlich und bis walnußgroß ist.

Der Herkunft nach unterscheidet man a) chinesische, die als die vorzüglichste gilt; b) ostindische: Ben-

gal, Malabar, Madras, Cochin; c) javanische und d) westindische. Gute Kurkuma soll innen lebhaft orangegelb, nicht bräunlich, fest, schwer, frisch, harzartig, nicht locker, trocken und leicht sein, sie soll einen stark aromatischen Geruch und zusammenziehenden Geschmack haben und von Wurmstichen frei sein. Außer Holzfaser, Stärkemehl, Gummi, einem flüchtigen, scharf riechenden Öl, einem Alkaloid und Salzen enthält die Kurkumawurzel einen gelben Farbstoff: Kurkumin, gelbe Prismen vom Schmelzpunkt 183°. Keto-Bis-[4-oxy-3-methoxy-cinnamoyl]-methan.

In Alkalien löst sich Kurkumin mit lebhaft rotbrauner Farbe und wird durch Säuren wieder gelb ausgefällt. (Reagenspapier für Alkalien; Indikator.)

Borsäure erzeugt auf mit Kurkumin getränktem Papier eine nach dem Trocknen hervortretende orangerote Färbung; sie verschwindet nicht durch Säurezusatz, durch Alkalien aber wird sie zuerst blau, dann schmutzig grau.

Aus der Reihe der Scitamineen (Zingiberaceen) ist noch zu erwähnen *Curcuma viridiflora* Roxb., Sumatra, Amboina, liefert den sogenannten Batavia-Kurkuma.

Die Wurzelknollen von *Canna speciosa* (Westafrika) sind im Geruch, Geschmack und in den chemischen Reaktionen dem ostindischen Turmeric ganz ähnlich. Die Pflanze wird in Sierra Leone angebaut und liefert den sogenannten »afrikanischen Turmeric«.

Die Kurkuma, von Garcia ab Horto unter dem Namen *Crocus indicus* beschrieben, findet in Indien und in China ausgedehnte Anwendung als Heilmittel, Gewürz (Curry powder) und Kosmetikum. Bei uns wird sie als Färbemittel besonders für Fette, Wachs, Wolle, Seide, Papier, Leder, Holz, Metallfirnisse usw. und pharmazeutisch benutzt, allenfalls auch als Fälschungsmittel für Insektenpulver, Safran und andere Gewürze in gepulvertem Zustande.

Die bei uns gewöhnliche Handelssorte ist Bengal-Gelbwurzel.

Die Handelsware besteht (Abb. 5) aus ei- oder birnenförmigen, nußgroßen, von Blattscheidenresten quer geringelten Stücken, oft mit einzelnen dünnen Wurzeln und großen runden Narben, den abgeschnittenen Seitentrieben (*Curcuma rotunda*). Häufig sind fingerlange, oft walzenrunde mit wenigen kurzen stumpfen Ästen oder deren Narben versehene, wenig deutlich geringelte, längsrunzlige Stücke (*Curcuma longa*). Es sind die Seitentriebe oder Nebenwurzelstöcke, während die zuerst beschriebenen Stücke dem Hauptwurzelstock angehören.

Die Wurzeln sind mit gelblichgrauem oder grünlichgelbem Kork bedeckt, dicht und schwer, hart, fast hornartig, ebenbrüchig, auf der Bruchfläche wachsartig, orange- oder guttigelb.

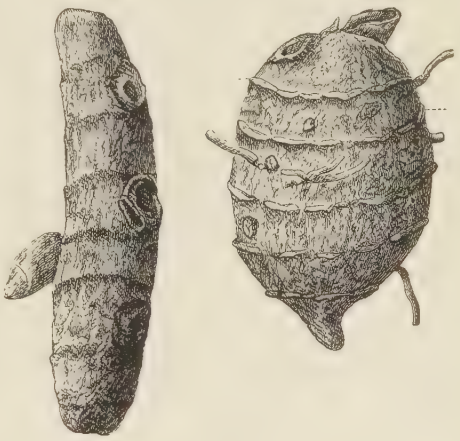


Abb. 5.
Typische Formen der Gelbwurzel.
(H. Hager.)

Sie haben einen ingwerartigen Geruch, einen feurig-gewürzhaften, zugleich etwas bitteren Geschmack und färben, gekaut, den Speichel gelb.

Der Querschnitt, meist kreisrund, ist wachsglänzend, orangegelb oder orangebraun, hellgelb punktiert. Die Rinde (ein Viertel bis ein Fünftel des Durchmessers) ist durch eine hellgelbe, scharf gezeichnete Kreislinie (Endodermis) vom Kern getrennt.

Zwischen den Stärkezellen zerstreut kommen in der Größe kaum verschiedene Sekretzellen vor, deren Membran verkorkt ist. Sie enthalten orangegelbes ätherisches Öl oder einen Harzklumpen. Ursprünglich bilden farbloses Öl und ein gelber Farbstoff, das Kurkumin, den Zellinhalt. Infolge des Abbrühens diffundiert der Farbstoff und färbt alle Teile des Rhizoms gelb.

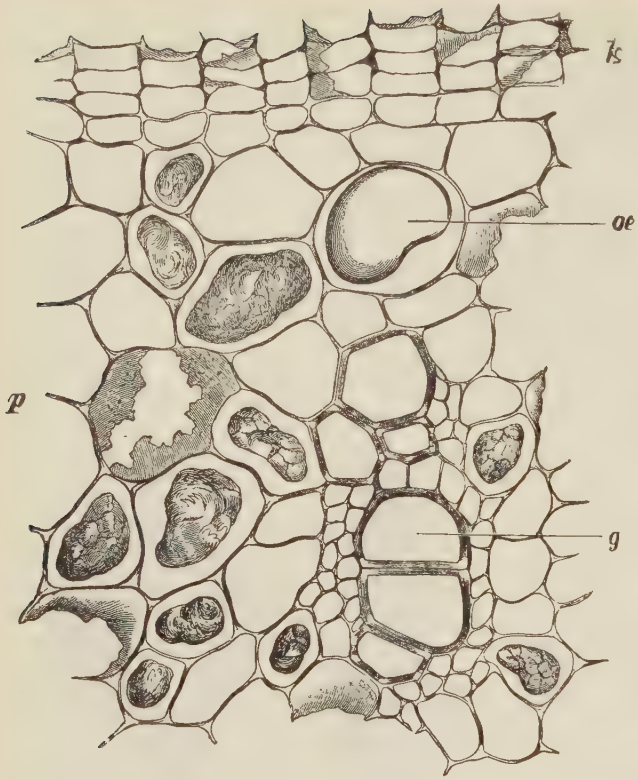


Abb. 6.
Querschnitt aus der Gelbwurzel. — *K* Kork. *o e* Sekretzelle, *g* Leitbündel, *p* Rindenparenchym mit Kleisterballen. (J. Moeller.)

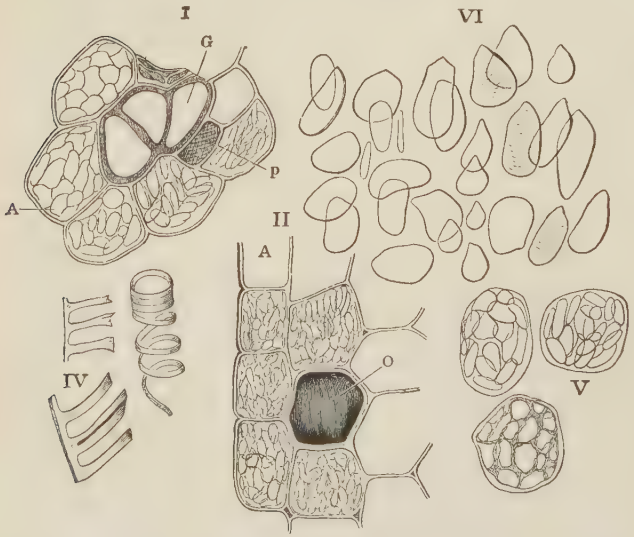


Abb. 7.
Kurkuma. I. Querschnittspartie von einer Gruppe von Gefäßen (*G*), begleitet von einer Pigmentzelle (*P*) und umgeben von Stärkezellen (*A*). — II. Längsschnittpartie des Grundparenchyms (*A*) mit einer Sekretzelle (*O*). — IV. Gefäßfragmente. — V. Drei isolierte Grundparenchymzellen. Vergr. 200. — VI. Stärkekörner der Gelbwurzel, stärker vergr. als die übrigen Abb. — Alles aus dem Pulver der Droge. (A. E. v. Vogl.)

Die Endodermis ist zartzellig und tritt auf mikroskopischen Schnitten wenig hervor. An ihrer Innenseite sind die kollateralen Gefäßbündel gehäuft. Sie sind wenig umfangreich, enthalten eine Gruppe von engeren und weiten gelbwandigen Treppen-, Spiral- und Netzgefäßen, begleitet von Pigmentzellen, Bastfasern fehlen.

Das Kurkuma-Pulver ist charakteristisch gelb, gewürzhaft. Mit Alkalien färbt es sich braunrot. Es besteht hauptsächlich aus gelben Kleisterklumpen, neben denen die wenig charakteristischen Gewebereste fast verschwinden.

Das aus der Kurkuma in einer Menge von 3—5,5 % erhaltene ätherische Öl (Schimmel u. Co.) ist orangegelb, etwas fluoreszierend, von schwachem Kurkuma-Geruch und 0,942—0,961 spezifischem Gewicht. Der technisch verwandte gelbe Farbstoff, das Kurkumin, zuerst von Daube (1870) näher untersucht, kann in einer Menge von $^1/_3$—$^1/_2$ % aus der Droge erhalten werden in gelben, im reflektierten Licht blau schimmernden, vanilleartig riechenden Kriställchen. Dieselben lösen sich kaum selbst in heißem Wasser, leicht in Alkalien mit schön roter Farbe, etwas auch in Chloroform und Äther, weniger in Benzol und Schwefelkohlenstoff. Die nicht alkalischen Lösungen zeigen schöne grüne, die alkalischen rote Fluoreszenz. Mit einem weingeistigen Auszug der Gelbwurzel getränktes Papier wird durch Alkalien rot, beim Trocknen violett. Setzt man der Tinktur statt Alkali Borsäure zu, so nimmt das Papier beim Trocknen gelbrote und beim Besprengen mit Ammoniak

vorübergehend blaue Farbe an (Flückiger). Nach Ivanow-Gajewsky (1873) enthält die Wurzel auch geringe Mengen eines Alkaloids, nach Kachler (1870) Kaliumoxalat. Ihr Gehalt an manganhaltiger Asche wurde mit 7,9% (0,63 Sand) ermittelt. Im Durchschnitt von vier Proben 7,71%, die äußeren Gewebschichten (hauptsächlich aus Kork bestehend) ergaben 14,4 %, die davon befreite Wurzel 4,64 % Asche (A. v. Vogl).

Die Empfehlung des Kurkuma-Papiers als Reagens (jetzt besonders zum Nachweis der Borsäure in Nahrungsmitteln angewandt) rührt von Tromsdorff (1808) her.

Anwendung der Kurkuma. Kurkuma ist der einzige, gelbe, natürliche Farbstoff, der Baumwolle direkt ohne Beize anfärbt. Trotz seiner geringen Beständigkeit gegen Licht, Seifen und Alkalien wird er in der Baumwollfärberei noch gebraucht, besonders zum Nuancieren roter Farbstoffe, wie z. B. des Safranins. Halbstündiges Behandeln des Stoffes mit einer 60° warmen Kurkumaabkochung genügt zur Ausfärbung, es wird dann eine lebhaft gelbe Farbe erzeugt.

Auch zum Färben der Seide wird Kurkuma noch verwandt, besonders in China (Kiang-Hoang, die weiß blühende Kurkuma).

Kurkuma wird ferner noch zum Färben von Butter, Käse, Reis (in Ostindien), Gebäck, Öl, Firnis, Lack, Fetten, Salben, Wachs, Papier, Holz usw. benutzt.

Kurkumin zieht auch auf Beizen, und zwar gibt es auf Chrombeize braune, auf Tonerde orangegelbe, auf Eisen braunschwarze und auf Zinn orangerote Töne.

6. Juglon (Nucin), 5-Oxy-1,4-naphthochinon, $C_{10}H_6O_3$, rotgelbe bis braunrote Nadeln oder Säulchen vom Schmelzpunkt 151—154°, findet sich in den Blättern, den grünen Schalen der unreifen Früchte (Walnußschalen) und der Zweig- und Wurzelrinde des Walnußbaumes, *Juglans regia* (Fam. Juglandaceae). Auf seiner Gegenwart beruht die bekannte Eigenschaft der Nußschalen, die Haut intensiv braunschwarz zu färben, ferner auch der charakteristische Geruch der Schalen und Blätter. Auch in anderen Juglandaceen ist es enthalten (*J. nigra* u. *J. cinerea*). Neben dem Juglon ist auch noch ein reduziertes Juglon beobachtet worden, das Hydrojuglon. Nach Mylius (1) soll sich das Juglon in den grünen Teilen und Nußschalen des Walnußbaumes durch Oxydation des α-Hydrojuglons bilden, so daß die unreifen Schalen das letztere, die reifen dagegen das erstere enthalten, während nach Combes (2) sich Hydrojuglone erst beim längeren Aufbewahren der Nußschalen bilden und das primäre in allen grünen Teilen der Nuß das Juglon ist.

Juglon färbt chrom-, tonerde- und eisengebeizte Wolle bräunlichgelb, ungebeizte Wolle orangegelb und tonerdegebeizte Baumwolle rosarot.

7. Lapachol, Lapacho- oder Taigusäure, Grönhartin, Tecomin, 3-Oxy-2-Amylen-1,4-Naphthochinon, $C_{15}H_{14}O_3$, kleine, gelbe, monokline Prismen vom Schmelzpunkt 140°.

1857 von Arnaudon im Lapacho- oder Taiguholz, einer Holzart Paraguays, aufgefunden, und von ihm Taigusäure genannt.

Die Lapacho- oder Taiguhölzer stammen von verschiedenen südamerikanischen Bignoniaceen ab, die in den Gefäßen ihres Holzkörpers mehr oder minder reichliche Mengen grüngelber Kristalle von Lapachol enthalten, das sich schon aus kleinen Stückchen oder Spänchen dieser Hölzer durch Mikrosublimation in charakteristisch grüngelb gefärbtem, kristallinischem Anfluge erhalten läßt. Nach den vorhandenen Angaben handelt es sich hierbei um Arten der Gattung *Tecoma* Juss., vor allem um *Tecoma ipé* Mart. (*Tabebuia avellaneda* Gris.), in Südbrasilien, Paraguay, Uruguay und Argentinien »Tayi pichal« oder »Lapacho crespo«, bekannt als vorzügliches Nutzholz, dessen gelbes Sägemehl Wasser rötet. Das von *T. ipé* (Lapachobaum) gelieferte Grünherzholz enthält 3,69 % Lapachol, auch Grönhartin, Tecomin oder Lapachosäure genannt. Dieses ist auch im Holze von *Tecoma araliacea* (Cham.) P. D C. zu 7,64% und in dem von *T. flavescens* Gris. (*T. lapacho* K. Sch.) zu 1,93 % enthalten. *T. leucoxylon* (L.) Mart. (*Bignonia l.* L.) auf den Antillen, in Südamerika und Java vorkommend, dessen Holz auch als Lapachoholz (Taiguholz), »Grünes Ebenholz« und fälschlicher-

weise als Grönhartholz bezeichnet wird, soll 5 % Lapachol enthalten. Dasselbe findet sich weiterhin im Holze von *T. ochracea* Cham. (Brasilien) und *T. speciosa* D. C., sowie in einer unbekannten Bignoniaceen-Spezies, die das wertvolle west- und südafrikanische Bethabanaholz (Bethabarra-H.) liefert.

Schließlich findet sich Lapachol noch im Holz und in der Rinde von *Nectandra Rodioei* Hook, dem in Brasilien und Brit.-Guayana heimischen Bibiru- (Bebeeru-) Baum, der das Grünholz, das eigentliche Groenhart oder Grünherz-(Greenheart-) Holz liefert (s. Hölzer B, II, 68).

Der Farbstoff wird dem Lapachoholz durch Sodalösung entzogen.

8. Lomatiol (α-Oxy-Lapachol) $C_{15}H_{14}O_4$. Gelbe Nadeln. Schmelzpunkt 127°. Findet sich im Samen von *Lomatia ilicifolia* und *L. longifolia* R. Br. (Protaceen), die in den höheren Regionen des südöstlichen Teiles von Neu-Südwales und des nordöstlichen Teiles von Viktoria (Australien) wachsen.

Die Lomatiasamen werden mit kochendem, schwach essigsaurem Wasser ausgezogen; der Farbstoff scheidet sich beim Abkühlen des Filtrates aus.

9. Farbstoffe der Drosera Whittakeri (Fam. *Droseraceae*). Unter den vielen Drosera-Arten Australiens zeichnet sich *Drosera Whittakeri,* die im Frühjahr massenhaft in der Nähe von Adelaïde wächst, durch hübsche weiße, an diejenigen des Sauerklees erinnernde Blüten aus.

Die unterirdischen Wurzelknollen dieser Pflanze haben einen inneren Kern und eine äußere, aus verschiedenen Schichten bestehende Hülle; zwischen diesen Schichten befindet sich ein roter Farbstoff. Zur Gewinnung werden die Wurzelknollen mit Alkohol ausgekocht, der Alkohol wird abdestilliert und der Rückstand mit Wasser vermischt. Nach einigem Stehen wird die ausgeschiedene schwarzrote Masse filtriert und sodann zur weiteren Reinigung sublimiert. Das glänzend rote Sublimat besteht aus zwei Verbindungen, die Trennung derselben beruht auf dem Umstande, daß die eine in Alkohol und in Eisessig schwer löslich ist. Aus einer Lösung des Gemisches in heißem Eisessig kristallisiert zuerst die schwerer lösliche Substanz in glänzenden roten Plättchen vom Schmelzpunkt 192—193°.

Sie hat die Zusammensetzung $C_{11}H_8O_5$ und ist vielleicht ein Trioxymethylnaphthochinon.

Aus der eisessigsauren Mutterlauge wird durch Wasser der leichter lösliche Körper ausgefällt. Man erhält orangerote Nadeln vom Schmelzpunkt 174—175° und der Zusammensetzung $C_{11}H_8O_4$.

Die Bestandteile der Knolle von *Drosera Whittakeri* sollen auf Seide ein schönes Rot geben.

10. Krapp, Röte, Färberröte, franz. garance, engl. madder, ital. robbia. Eines der ältesten und bis in die neueste Zeit zur Erzielung von »Türkischrot« verwendeten Färbemittel, ist die gemahlene Wurzel von *Rubia tinctorum* L. und verwandter Arten der Gattung *Rubia (Rubiacee).* Als solche werden genannt: *R. peregrina* L., *R. lucida* L. (Orient), *R. cordifolia* L. (*R. munjista* Roxb. (Nr. 13), *R. sikkimensis* Krz. (Nr. 15) und *R. khasiana* (Nr. 14). Die drei letztgenannten asiatischen Arten enthalten neben Purpurin und Purpuroxanthin das Munjistin $C_{15}H_8O_6$, die Carbonsäure des Purpuroxanthins. (Vergl. auch Nr. 11, 12, 16, 17 u. 18.)

Es finden sich in diesen Pflanzen eine Anzahl von Abkömmlingen des Anthrachinons. Die hauptsächlichsten Farbstoffe der Krappwurzel sind in Form von Glukosiden vorhanden, die mehr oder weniger leicht gespalten werden.

Geschichtliches: Die Ägypter, Perser und Inder des Altertums benutzten schon den Krapp. Die Griechen nannten die Pflanze Erythrodanon, die Römer Rubia, später Variantia, woraus dann »Garance« entstammt. Aus dem Orient kam die ungemahlene Wurzel als »Lizari« oder »Alizari« nach Italien. Im 7. Jahrhundert waren gemahlener Krapp und damit gefärbte Zeuge in St. Denis bei Paris im Handel. Karl der Große förderte den Anbau der Färberröte. Die Kreuzzüge begünstigten die Verbreitung in Italien und Frankreich; die Araber bauten ihn in Spanien an. Im 16. Jahrhundert kam die Pflanze nach Holland, 1507 nach Schlesien. Colbert führte sie 1666 in Avignon in der Provence, Frantzen 1729 in Ha-

genau im Elsaß ein, und 1790 konnte man allein aus dem Elsaß etwa 50 000 Ztr. ausführen. Dann trat während der Republik und des ersten Kaiserreichs ein vorübergehender Niedergang ein, dem von 1815 an ein neuer Aufschwung folgte, vor allem als seit Louis Philippe die Militärhosen mit Krapp gefärbt wurden. Im vorigen Jahrhundert zählte er zu den wichtigsten Kulturpflanzen der gemäßigten Klimate und wurde außer in Frankreich in Sizilien, Toskana, Österreich-Ungarn, Holland, Schlesien, Bayern, im Kaukasus, Ostindien, Nord- und Südamerika, Algier usw. angebaut.

1868 betrug die Gesamtmenge der Krapp-Produktion aller Länder 70 000 t im Werte von 60—70 Millionen Mark; zu Ende der siebziger Jahre waren fast alle Kulturen eingegangen, weil sie sich nicht mehr lohnten. In Frankreich allein betrug der Ertrag der Krappkulturen 34 Millionen und die Ausfuhr an natürlichem, aus Krapp dargestelltem Alizarin, die 1868 noch 25 Millionen Mark betragen hatte, war 1876 auf 3,5 Millionen gesunken und hat jetzt ganz aufgehört. Durch die am 11. 1. 1869 von C. Graebe und C. Liebermann (3) veröffentlichte und alsbald technisch durchgeführte Darstellung des wichtigsten Krappbestandteiles des Alizarins aus Anthrazen war der natürliche Farbstoff des Krapps entbehrlich geworden, zumal sich der Preis des künstlichen Produktes bald wesentlich niedriger stellte als der des Naturproduktes; der Preis für 1 Ztr. sank von 28 bis 32 M. auf 6—8 M.

Jetzt beschränkt sich seine Verwendung auf einige Spezialitäten in der Wollfärberei und zur Herstellung von Krapplacken (s. Nr. 159) für die Kunstmalerei.

Der Krapp ist eine perennierende Pflanze mit vierkantigem Stengel, kleinen Blättern und Blüten und starken reichlichen Wurzeln. Nur letztere führen den Farbstoff, und zwar ältere mehr als jüngere.

Die unterirdischen Teile der Färberröte bestehen aus einem meist kurzen, etwas knorrigen Wurzelstock (oder einem Wurzelkopf), aus dem einige Wurzeln und mehr oder weniger zahlreiche gegliederte Ausläufer entspringen, die reichlich oberirdische Sprossen treiben. Die frische Wurzel ist 20—30 cm lang, bis 1,2 cm dick, von gelblicher, außen braunrötlicher Farbe. Man unterscheidet Sommer- und Herbströte, je nachdem die Wurzel zu Beginn des Sommers oder im Herbste dem Boden entnommen wird. Sie wird meist im 3. Jahre nach der Aussaat geerntet. Der Farbstoffgehalt beträgt 1,9 %.

Die Wurzeln werden gewöhnlich im November ausgehoben, von anhängender

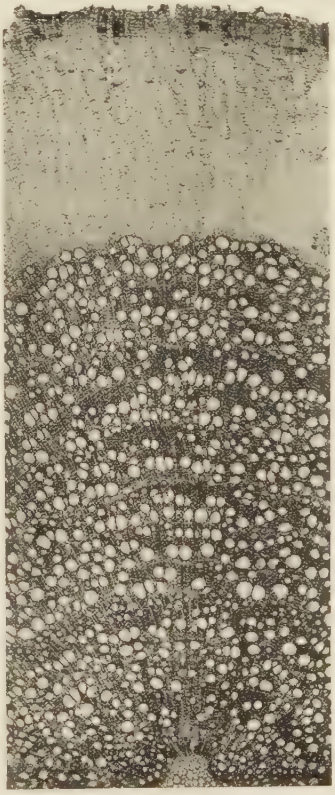


Abb. 8.
Querschnitt eines fünfjährigen Ausläufers der Krappwurzel. Orig.-Photogr. (J. Moeller.)

Erde befreit, an der Luft oder mit künstlicher Wärme getrocknet und entweder in größere Stücke zerschnitten als Krappwurzel in den Handel gebracht oder zu einem groben safrangelben, leicht zusammenbackenden Pulver von eigentümlichem Geruch und Geschmack als Krapp (im engeren Sinne) der Färberei zugeführt. Er gewinnt durch mehrjähriges Lagern an Ausgiebigkeit, muß aber vor Luft, Licht und Feuchtigkeit geschützt werden.

Geographische Herkunft (Handelssorten). Nach der Herkunft, der Behandlung der Wurzel und anderen Umständen unterscheidet man mehrere Sorten: Levantiner (türkischer oder Smyrna-) Krapp, auch Alizari oder Lizari genannt, aus der asiatischen Türkei, Holländer Krapp (Provinz Zeeland), Elsässer, in zu einem graulich- oder hellrotbraunen Pulver zerreiblichen, zusammengebackenen Massen, die in mehreren Untersorten (o., f., mf., ff., sff.) unterschieden werden, französischen (Avignon), schlesischen oder Breslauer Krapp, ägyptischen, griechischen, ostindischen, russischen Krapp (Kaspisches Meer) u. a. m.

Die im Drogenhandel vorkommende Krappwurzel (Radix Rubiae tinctorum) besteht aus Stücken von 3, höchstens 5 mm Dicke und einigen Zentimetern Länge, an der Oberfläche groblängsrunzlig und meist auch fein querrissig, mit weichem, oft schuppig-blättrigem, leicht abblätterndem, braunem Kork oder mit Borke bedeckt, im Bruch eben. Die Ausläufer (Stolonen) sind an den Knospen und an dem Mark von den Wurzeln zu unterscheiden. Der schwache Geruch ist eigentümlich, der Geschmack zusammenziehend, etwas bitterlich.

Der kreisrunde Querschnitt zeigt eine schmale dunkelrotbraune oder fast schwarzbraune Rinde, die einen mächtigen Holzkörper von orange- oder ziegelroter Farbe umgibt. Dieser ist von sehr zahlreichen Gefäßöffnungen dicht porös und läßt bei Mangel einer radialen Streifung an stärkeren Wurzeln Jahresschichten erkennen. (Abb. 8.) In Wasser quillt die Rinde stark auf und erscheint alsdann braunrot, das Holz gelb; mit Kalilauge benetzt, färbt sich der Schnitt prächtig violett oder purpurn.

Das Periderm und der Borke bildende Kork sind zartzellig. Die stark entwickelte Innenrinde zeigt am Querschnitt eine Zelle breite Markstrahlen. In der Mittelrinde und im Phloëmparenchym finden sich Raphidenschläuche mitten im pigmentführenden, amylumfreien Gewebe. Bastfasern fehlen.

Im Holze treten Markstrahlen nicht hervor. In dem Grundgewebe aus Holzparenchym und Ersatzfasern sind sehr zahlreiche, meist einzeln, seltener zu zwei beisammenstehende dickwandige, dicht, klein behöft getüpfelte Gefäße mit einfach perforierten Gliedern eingestreut. Hier und da finden sich Gruppen stärker verdickter Libriformfasern.

Zur Aufhellung dient am besten Chloralhydrat, zur Isolierung der Gewebselemente Kalilauge, die den Farbstoff mit violettroter oder purpurner Farbe löst unter vorübergehender Rotfärbung der Zellmembran und tiefroter Färbung der Masse, in die das Raphidenbündel in den Raphidenschläuchen eingebettet ist.

Wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, finden sich die Farbstoffpigmente in allen Parenchymzellen. In der frischen Wurzel sind diese von einer gelben, wässerigen Flüssigkeit (Zellsaft) erfüllt, die eingetrocknet eine formlose, goldgelbe, in Wasser rasch und fast spurlos sich lösende Masse darstellt (Ruberythrinsäure). In länger aufbewahrten getrockneten Wurzeln, wie die Handelsware, findet man in den Parenchymzellen der Rinde, und zum Teil auch des Holzes, orangegelbe bis rote oder rotbraune Schollen, Klümpchen, körnige Bildungen und Körnchenhaufen, stäbchen- oder spindelförmige Pigmentkörper, die sich in Wasser zum Teil lösen, zum Teil aber als rundliche, feinkörnige Klümpchen, schlauchförmige Gebilde u. dgl. zurückbleiben; Kalilauge löst sie spurlos oder fast spurlos mit violettroter oder purpurner Farbe. Der Zellinhalt besteht hier also bereits im wesentlichen aus Alizarin. Die schmutzigbraune Färbung der Zellinhaltmassen mit Eisenchlorid deutet auf die Anwesenheit eines Gerbstoffes hin, wenn nicht diese Reaktion vielleicht einem der Mutterglukoside der Pigmente angehört.

Der mikroskopische Befund ist geeignet, auch die bei der Zubereitung des Krapps geübte Praxis zu erklären. Man wendet nicht frische, sondern längere Zeit gelagerte, trockene Wurzeln an, in denen bereits die Ruberythrinsäure zum großen Teil in Alizarin umgewandelt ist. Weil das Pigment am reichlichsten im Rindenparenchym, spärlicher im Holze, am spärlichsten in der Borke enthalten ist, befreit man in der Regel zunächst die Wurzeln vom Kork und den Borkeschichten, sowie

von den etwa vorhandenen Wurzelfasern, wobei auch diesen anhaftende fremdartige Dinge, wie Erde, Sand, Schimmelbildung usw. beseitigt werden. So erhält man den Mull, die schlechteste Sorte, und andererseits die verschiedenen Sorten des »beraubten Krapps«, indem bei dem Stampf- und Mahlverfahren von Zeit zu Zeit das zerkleinerte Material abgesiebt und der Rückstand von neuem auf die Mühle gebracht wird. Auf diesem Wege werden zuerst die Gewebsschichten der Rinde, später jene des Holzzylinders zermalmt, und die jedesmal abgesiebten Partien stellen ebensoviele Krappsorten dar, von denen das zuerst abgesiebte Pulver als das farbstoffreichste, wertvollste gilt.

Verfälschungen, sowohl mit mineralischen Substanzen (Ocker, Ton, Bolus, Sand, Lehm, Ziegelmehl u. a.) als auch mit verschiedenen Vegetabilien (Rot-, Gelb- oder Blauholz, Sägespäne u. a.) waren früher lohnend, kommen aber jetzt kaum mehr vor. Durch die mikroskopische Untersuchung und Aschenbestimmung sind sie übrigens leicht nachweisbar.

Der Aschengehalt einer guten Ware soll 8—10 % nicht überschreiten.

Die Farbstoffe sind im Krapp in Form von Glukosiden enthalten. Neben diesen kommt ein Ferment: Erythrozym, Krappenzym, in ihm vor, das durch Extraktion mit Wasser bei 38 ° und Fällen der Lösung mit Alkohol erhalten werden kann. Getrocknet ist es eine braune, amorphe Masse. Unter ihrem Einfluß hydrolysiert sich Ruberythrinsäure unter Bildung von Alizarin und Glukose.

Daher erklärt es sich, daß ein Schnitt durch das Zellengewebe der Wurzel gelb erscheint und erst beim Befeuchten mit Wasser die rote Färbung der Krappfarbstoffe annimmt.

Nur zwei der Krapp-Glukoside sind in reinem Zustande isoliert worden: a) Ruberythrinsäure und b) Rubiadinglukosid.

a) Ruberythrinsäure $C_{26}H_{28}O_{14}$, gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 258 bis 260 °, zerfällt beim Behandeln mit Säuren unter Wasser-Aufnahme in 1 Mol. Alizarin und 2 Mol. Traubenzucker:

$$C_{26}H_{28}O_{14} + 2\,H_2O \longrightarrow C_{14}H_8O_4 + 2\,C_6H_{12}O_6.$$

Sie wurde zuerst von Robiquet und Colin in reinem Zustande, und von Rochleder (4) kristallisiert dargestellt und in einer Ausbeute von 0,1 % aus dem alkoholischen Extrakt der Wurzel gewonnen [C. Liebermann u. Bergami (5)]. Ist kein Beizenfarbstoff.

Sie enthält noch eine freie Hydroxylgruppe, da sie sich in Alkalien mit blutroter Farbe löst und Metallsalze bildet; besitzt also den Charakter einer ausgesprochen einbasischen Säure. Die beiden Glukosereste sitzen danach zusammen in Form eines Disaccharids an der einen Phenolgruppe, und zwar sitzt das zweite Zuckermolekül an einer der Alkoholgruppen des ersten Zuckerrestes.

Alizarin, das 1,2-Dioxyanthrachinon $C_{14}H_8O_4$, rote trimetrische Nadeln, Schmelzpunkt 289—290 °, Siedepunkt 430 °. Gibt beim Sublimieren gelbrote Nadeln. In Wasser beim Kochen nur schwer löslich, leicht in Alkalien mit blauvioletter Farbe. Gibt farbige Metallsalze: Chromverbindung ist violett bis bordeauxfarben, Tonerde- und Zinnverbindung leuchtend rot, Eisenverbindung schwarzviolett. Es dient nach dem Beizen (Niederschlagen des erforderlichen Metallhydroxydes auf der Faser) zum Färben von Wolle, Seide und Baumwolle. Der auf der Faser entstandene Farblack zeichnet sich durch große Echtheit und Leuchtkraft aus. Auf Baumwolle ist vor allem wichtig die sogenannte Türkischrotfärberei, wo der Tonerdelack bei Gegenwart von Kalk und Türkischrotöl (Ricinusölsulfosäure) erzeugt wird.

Da das Alizarin je nach der beim Färben angewandten Beize verschiedene Färbungen geben kann, so bezeichnet man es nach Hummel als polygenetischen Farbstoff.

Man kann umgekehrt ganz allgemein die Färbung eines Beizenfarbstoffes als die Funktion der Beize (d. h. des Metallhydroxydes) bezeichnen.

b) Rubiadinglukosid, von E. Schunck und L. Marchlewski (6), $C_{21}H_{20}O_9$, im wässerigen Auszug der Wurzel entdeckt, bildet zitronengelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 270 °, ist sehr beständig und gibt bei der Hydrolyse

Rubiadin (Runges Krapporange) $C_{15}H_{10}O_4$ 1,3-Dioxy-4-Methyl-Anthrachinon oder 4-Methyl-Purpuroxanthin

$$C_{21}H_{20}O_9 + H_2O \longrightarrow C_{15}H_{10}O_4 + C_6H_{12}O_6.$$

Bis jetzt sind folgende Farbstoffe aus dem Krapp isoliert worden.

Alizarin = 1,2-Dioxyanthrachinon $C_{14}H_8O_4$, rote Nadeln, Schmelzpunkt 289 bis 290°.

Purpuroxanthin = 1,3-Dioxyanthrachinon $C_{14}H_8O_4$, gelbe Nadeln, Schmelzpunkt 262—263°.

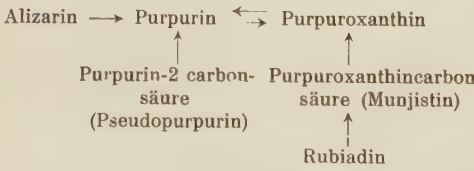
Purpuroxanthin-4-carbonsäure = 1,3-Dioxanthrachinon-4-carbonsäure (Munjistin) $C_{15}H_8O_6$, goldglänzende Nadeln aus Eisessig, Schmelzpunkt 231°.

Purpurin = 1,2,4-Trioxyanthrachinon $C_{14}H_8O_5$, kleine rote Nadeln, Schmelzpunkt 253°. Färbt Tonerdebeize scharlach- bis purpurrot, also blaustichiger als Alizarin.

Rubiadin = 1,3-Dioxy-4-Methylanthrachinon (4-Methylpurpuroxanthin) $C_{15}H_{10}O_4$.

Purpurin-2-carbonsäure (Pseudopurpurin) = 1,2,4-Trioxyanthrachinon-3-carbonsäure $C_{15}H_8O_7$.

Bildung:



Von den Krappbestandteilen, deren Einheitlichkeit noch fraglich ist, sind zu erwähnen:

Die Rubichlorsäure $C_{14}H_8O_9$ [Rochleder (7)], wahrscheinlich ein Glukosid, kommt in der Wurzel und im Kraute der Krapp-Pflanze, ferner in gewissen *Galium*-Arten, im Waldmeister, in der Chay- und Morinda-Wurzel und in den Chinesischen Gelbschoten vor (s. d.).

Die Rubichlorsäure ist jedenfalls identisch mit dem Chlorogenin [Schunck (8)] aus der Krappwurzel.

Die amorphe, in Wasser und Alkohol leicht, in Alkalien mit gelber Farbe lösliche Säure zerfällt beim Kochen mit verdünnten Säuren in Ameisensäure und Chlororubin.

Chlororubin bildet ein dunkelgrünes, amorphes Pulver, das sich in Alkalien mit blutroter Farbe löst.

Das sog. grüne Alizarin, das man nach Kopps Verfahren erhält, wenn man die Krappwurzel mit schwefliger Säure extrahiert und, nach dem Ausfällen des Purpurins, durch Erwärmen mit Salzsäure auf 50—60° unter Hydrolyse der Ruberythrinsäure und gewisser anderer Glukoside, das Alizarin bei 100° abscheidet, zeigt tiefgrüne Färbung und war eine Zeitlang Handelsartikel; seine Farbe verdankt es einer Beimengung von Chlororubin.

Das grüne Alizarin (Chlororubin) ist im Gegensatz zu Alizarin usw. unlöslich beim Extrahieren mit Benzin, Toluol oder Solvent-Naphtha.

Einige früher als besondere Krappfarbstoffe beschriebene Substanzen, das Rubiacin, Rubiafin, Rubiagin, Rubianin, die Rubiacinsäure, das Rubirethrin und Verantin usw. sind keine einheitlichen Verbindungen, sondern vermutlich Gemische gewesen.

Das Alizarin, das in Form seines Tonerde-Kalklackes auf der Faser befestigt wird, ist von überragender Bedeutung für den Farbton. Krappbestandteile nuancieren ihn nur. Purpurin färbt mit Tonerde gebeizte Faser lebhaft scharlachrot, Baumwolle, die mit Türkischrotbeize versehen ist, braunrot, nach dem Avivieren feurig türkischrot. Purpuroxanthin gibt auf Tonerdebeize eine gelbe Farbe, die beim Avivieren zerstört wird; Munjistin eine orangerote, weder licht- noch seifenechte Färbung. Die mit Pseudopurpurin erhaltenen Nuancen gleichen denen mit Purpurin, verschießen aber gänzlich beim Avivieren. Auf Eisenbeize erhält man violette Färbungen.

Krapp-Präparate und Krapp-Extrakte des Handels:

Früher unterwarf man die Krappwurzel, um ihr Färbevermögen zu steigern oder zu verbessern, zur Erleichterung des Färbens und zur Anreicherung und Veredlung der Farbstoffe, verschiedenen Behandlungsweisen und erzielte dadurch die sogenannten Krapp-Präparate und Krapp-Extrakte.

Mull oder Krappkleie nannte man die durch Dreschen der trockenen Wurzeln erhaltenen und abgesiebten Abfälle, wesentlich aus den äußeren Rindenschichten und Wurzelfasern bestehend. Die hierauf vermahlenen Wurzeln bildeten den höher bewerteten beraubten Krapp. Die naturell, also ungedroschen vermahlenen Wurzeln ergaben den ordinären oder unberaubten Krapp.

Azale ist rohes Alizarin, durch Ausziehen des Krapp mit Holzgeist erhalten.

Garancine, »Krappkohle« (Robiquet und Colin, 1827). Beim Behandeln von gemahlenem Krapp-Pulver mit dem gleichen Gewicht konzentrierter Schwefelsäure werden die übrigen Bestandteile mit Ausnahme des Alizarins zerstört.

Man mischt z. B. 100 kg fein gemahlenes Krapp-Pulver mit 1000 Litern Wasser unter Zusatz von 2 kg konz. Schwefelsäure (s. G. = 1,840), rührt um und filtriert nach 12 Std. ab. Der Rückstand wird mit wenig Wasser und 30 kg starker Schwefelsäure vermischt und 2—3 Std. gekocht. Nach dem Ablassen der sauren Flüssigkeit wird mit Wasser säurefrei gewaschen, abgepreßt, getrocknet und gemahlen.

Die Färbekraft von Garancine ist drei- bis viermal so groß wie die von gutem Krapp, es färbt leichter an, gibt gelber getönte Rots und Blaßrots und grauere Lilas. Sie sind nicht ganz so seifenecht, wie die Krapp-Färbungen und fanden hauptsächlich beim Zeugdruck Verwendung.

Garanceux oder (engl.) spent garancine (Steiner u. Schwarz, Mühlhausen, 1843) war Garancine auf obige Art aus alten Farbflotten vom Drucker aus wirtschaftlichen Gründen selbst erzeugt. Seine Färbekraft ist ungefähr ein Viertel der von gutem Garancine.

Am wichtigsten waren die Krappblumen, fleurs de garance, madder flowers (Julian und Rogner 1851). Gemahlener Krapp wurde mehrere Stunden mit kaltem, schwach angesäuertem Wasser (1—2 % Schwefelsäure auf das Gewicht des Krapps) eingeweicht, gewaschen, abgepreßt, getrocknet und gemahlen. Auf diese Weise werden alle löslichen, schleimigen und Zuckersubstanzen entfernt, die Glukoside zersetzen sich durch eintretende Gärung (ev. Zusatz von Hefe) und der Rückstand hat beinahe die doppelte Färbekraft wie der ursprüngliche Krapp. Die übrigbleibende Flüssigkeit wurde neutralisiert, unter Hefezusatz vergoren und dann zur Alkoholgewinnung destilliert. 100 kg Krapp liefern 45 bis 60 kg Krappblumen und 10 Liter Alkohol, geeignet für Lack-, Firnis- usw. Herstellung.

Kolorin ist ein alkoholischer, bis zum Trocknen verdunsteter Auszug von Garancin.

Pinkoffin, alizarine commerciale, commercial alizarine, 1852 durch Schunck und Pincoff eingeführt, indem man gewöhnliches Garancine hohem Druck und überhitztem Wasserdampf (150 °) unterwarf. Es enthielt kein Purpurin mehr. Seine Farbkraft war geringer als die des Ausgangsmaterials, aber es lieferte sehr schönes Violett und es wurde weniger Seife gebraucht, um die weißen ungebeizten Stellen der bedruckten Baumwolle zu reinigen.

Schließlich waren auch viele Krapp-Extrakte, nach Angaben von Kopp, Rochleder, Meissonier usw. gewonnen, in Gebrauch. 1826 machte Gaudin Versuche, Beizen mit dem Krappfarbstoff direkt in Form eines Extraktes (Dampf-Farbe) aufzutragen, und 1837 konnte es Gastard in großem Maßstabe mittels Kolorin (colorine) durchführen. Krapp-Extrakte bestanden aus verschiedenen Mischungen von Alizarin und Purpurin, oder von jedem einzeln in mehr oder weniger reiner Form. Sie wurden hauptsächlich nach 4 Methoden (Leitenberger, Paraf, Kopp und Pernod) gewonnen.

1 Teil Krappblumen ist an Färbevermögen gleichwertig 2 Teilen Krapp, 1 Teil Pinkoffin 4 Teilen Krapp, 1 Teil Garancine 4—6 Teilen Krapp, während 1 Teil Alizarin 90 Teilen Krapp entspricht.

Zur Bewertung der Krapp-Präparate müssen Probefärbungen (auf gebeizter Wolle) ausgeführt werden.

11. Chay-Wurzel oder Chayaver (von »chaya«, d. h. färbend und »ver« = Wurzel), auch Indischer Krapp, indian madder, genannt, ist die Wurzel der *Oldenlandia umbellata* L., Rubiaceae, Unterfamilie Cinchonoideae. In In-

dien führt sie je nach den Distrikten verschiedene Namen: Turbuli (Bengalen), Cheri-vello (Telugu), Ché oder Chay, Sayavee (Sayawer), Imbural oder Imburel (Tamil). Die Pflanze ist ein kleiner Busch oder ein Kraut, meist auf sandigem Boden und besonders in der Nähe der Meeresküste vorkommend. Sie findet sich im nördlichen Birma, in Ceylon und in Java, hauptsächlich aber in gewissen Distrikten von Madras südlich von Orissa. Besonders angebaut wird sie an der Malabar- und Coromandelküste und dort zur Türkischrotfärberei benutzt. Die berühmten roten Turbane von Madura werden damit gefärbt (Drury, Dymock).

Die Wurzeln sind etwa 25—30 cm lang und 0,3 cm dick, frisch von orangegelber Farbe, getrocknet werden sie graugrün. Sie werden in Madras in kleinen Bündeln zum Verkauf gebracht. Kochendes Wasser gibt einen hellgelben Auszug, der sich bei Alkalizusatz blutrot färbt.

Die färbenden Bestandteile scheinen sich besonders in der Rinde der Wurzeln zu finden.

Nach Campbell liefert auch *Oldenlandia corymbosa* L. (Rubiaceae) in Ostindien, Ceylon und auf den Philippinen vorkommend »Chayroot«.

Chaywurzel wird seit 1774 in Europa eingeführt und besitzt die Hälfte bis ein Viertel der Farbkraft des Krapps.

Bestandteile. Die Chaywurzel enthält wie Krappwurzel Alizarin und Chlorogenin (Rubichlorsäure), dagegen nicht Purpurin, Purpurin- und Purpuroxanthincarbonsäure usw. Es sind ferner in ihr enthalten (wahrscheinlich als Glukoside):

Alizarin-α-Methyläther, orangegelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 178—179°;

Anthragallol-1,2-dimethyläther, gelbe Blättchen, Schmelzpunkt 230—232°, gibt ein in kaltem Alkohol lösliches rotes Ammoniumsalz;

Anthragallol-1,3-Dimethyläther, gelbe Nadeln, gibt ein in kaltem Alkohol schwer lösliches, scharlachrotes Ammoniumsalz;

Hystazarin (2,3-Dioxyanthrachinon)-monomethyläther, lange orangegelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 232°;

β-Oxyanthrachinon, gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 302°.

Färberische Eigenschaften: Man setzt 2 % Kreide zum Färbebad und erwärmt dieses allmählich zum Kochen.

Die Chay-Wurzel besitzt auf Tonerde und Eisenbeize die gleiche Färbekraft wie Krapp, wenn man die Ausfärbungen nach dem Seifen vergleicht; vor dem Seifen ist die Färbung nur halb so kräftig. Die Farbtöne sind durchweg mehr blau als die mit Krapp erhältlichen, die Lilas sind voll und glänzend, wie die mit reinem Alizarin erzeugten.

Auf mit Türkischrotbeize präparierter Baumwolle gibt die Chay-Wurzel ebenfalls blauere Töne als der Krapp, die Färbungen sind fast ebenso seifenecht wie die des Alizarins.

Mit verdünnter Schwefelsäure gekocht gibt Chay-Wurzel ein tiefgrünes »Garancine«, das ungefähr die dreifache Färbekraft wie die ursprüngliche Wurzel selbst hat.

12. Galium-Wurzel. Die Wurzeln verschiedener *Galium*-Arten sind zum Rotfärben auf Aluminium-Beize benutzt worden, und Bancroft erwähnt in seiner »Philosophy of Permanent Colours« (S. 303) 6 Pflanzen, deren Wurzeln ein ausgezeichnetes Rot ergeben. Vor allem *Galium tinctorium,* deren ungefähr 60 cm lange Wurzeln von den französischen Bewohnern Kanadas zum Rotfärben ihrer Kleider benutzt werden.

Galium mollugo L., Great Ladies' bedstraw, wilder Krapp, echtes Labkraut.

Galium verum L., Yellow Ladies' bedstraw.

Galium aparine, das seit den ältesten Zeiten bekannte Klebkraut, kletternde Labkraut, Gänsefingerkraut.

Asperula tinctoria, Färber-Waldmeister, »dyers woodruff«, dessen Wurzel eine Zeitlang — besonders in Skandinavien — an Stelle von Krapp benutzt wurde.

Asperula odorata L., Waldmeister.

Der Farbstoff in den Wurzeln der *Galium-* und *Asperula*-Arten ist in Alkalien mit purpurroter Farbe löslich, lichtecht, und hat Alizarin-Typus, nur einen etwas gelberen Farbton als Alizarin selbst. Vielleicht identisch mit Flavopurpurin oder Anthrapurpurin (Isopurpurin, 1,2,6 bzw. 1,2,7-Trioxyanthrachinon).

13. Munjeet oder Manjeet. Wurzel der *Rubia cordifolia* L. (*Rubia munjista*

Roxb., *Rubia cordata* Thunb.) [Rubiacee, Unterfamilie Coffeoideae]. Ostindischer Krapp, in Indien zum Gelbfärben benutzt und auch nach Indien eingeführt.

Rubia cordifolia L. wurde früher in Indien besonders in den Berggegenden wegen der in den Stengeln und Wurzeln enthaltenen Farbstoffe angebaut. Im Darjeeling-Distrikt erscheint sie mehr als Kletterpflanze in der Höhenlage von 1000 bis 2500 m, am meisten in 1700 bis 2000 m Höhe, entweder auf dem Boden kriechend oder als Schlingpflanze auf Baumstümpfen. In Bengalen wird Munjeet in der Hauptsache aus den Stengeln, in den Nordwestprovinzen und anderwärts in Indien mehr aus den Wurzeln gewonnen.

Der Bengal-Munjeet stammt von der *Rubia munjista* Roxb. Nach Hooker »Flora of British India« wird die Spezies von Roxburgh auf *R. cordifolia* zurückgeführt. Die holzigen Stengel werden getrocknet, zerkleinert, zerstampft und mit Wasser gekocht, bisweilen auch mit kaltem Wasser eingeweicht. Die so erhaltene tiefrote Lösung wird meistens benutzt, um rohe Baumwolle anzufärben. Tonerdesalze scheinen meist als Beize verwendet zu werden, obgleich im Darjeeling-Distrikt auch Myrobalanen und im Maldah-Distrikt andere Gerbstoffe benutzt werden. In letzterem Distrikt wird Munjeet auch in Verbindung mit Eisensalzen gebraucht, um ein tiefes Purpur zu erzeugen, während es im Darjeeling-Distrikt mit Indigo gemischt wird, um ein Marron zu erzeugen (Mc. Cann, »Dyes and Tans of Bengal«). Das Rot und Schokoladebraun der ostindischen Möbelkattune wurde früher nur mit Munjeet erzeugt. Die erzeugten Färbungen sind leuchtend, aber nicht so echt wie die mit Krapp erhaltenen.

Während Krapp nur 30—33 % Garancine liefert, gibt Munjeet nach Higgin 52—55 % Garancine, das nach Stenhouse nur die halbe Färbekraft wie echtes (Nepal-) Garancine hat. Munjeet enthält kein Alizarin im Gegensatz zur Chay-Wurzel. Der wichtigste Farbstoff des Munjeets ist das Purpurin. Ferner enthält es noch Purpuroxanthin und Purpuroxanthincarbonsäure (Munjistin). Letzteres färbt mit Tonerde gebeizten und geölten Kattun orangerot an, die Färbungen sind aber nicht licht- und seifenecht.

14. **Rubia khasiana** (Kurz). Nach Watt (9) gibt es in Indien eine Varietät der *R. cordifolia* L., der er den Namen *R. khasiana* zuerteilt, und die die reichste an Krappfarbstoffen sein soll. Sie wird gelegentlich in der Gegend von Sikkim angetroffen, hat jedoch ihre größte Verbreitung östlich der Khásia und der Naga Hills. Enthält Purpuroxanthin und Munjistin und gibt ähnliche, wenn auch etwas kräftigere Färbungen als *R. cordifolia* und *R. sikkimensis* (Kurz).

15. **Rubia sikkimensis** (Kurz), indischer Farbstoff. Wurzel, gleichfalls als ostindischer Krapp (Nr. 13) zum Gelbfärben benutzt, wird in den Bazaren von Darjeeling gehandelt. Die Pflanze kommt mit der oben erwähnten verwandten Spezies *R. khasiana* in der Gegend von Sikkim und östlich der Khásia und der Naga Hills vor, ist weit verbreitet und sicherlich die größte und schönste ihrer Spezies. Vor 1874 botanisch wenig bekannt und mit *R. cordifolia* verwechselt, obwohl die getrockneten Wurzeln ein ganz verschiedenes Aussehen haben. Enthält wie Munjeet: Purpurin, Purpuroxanthin und Munjistin.

Nach Watt benutzen die Bergstämme der Naga Hills und Manipur diese Pflanze als Hauptquelle für eine schöne rote Farbe.

Die Färbung auf aluminiumgebeizter Baumwolle ohne Zusätze zum Färbebad ist orangerot, aber nicht licht- und seifenecht. Ähnlichkeit mit Färbung von *R. cordifolia,* die aber halb mehr Farbkraft besitzt. Im Vergleich mit Purpurin hat *R. sikkimensis* eine Färbkraft, die äquivalent 0,37—0,5 % Purpurin ist.

16. **Suranji,** Soranji, Suranjee, Soranjee, Sooranjee ist die Wurzel von *Morinda citrifolia* L. und *Morinda tinctoria* Roxb., kurzweg auch Morindawurzel genannt.

Die Rubiaceengattung *Morinda* L. zählt etwa 40 Arten, die über den ganzen Tropengürtel, zumeist aber in Ostasien und Polynesien verbreitet sind. In ihrer Heimat benutzt man die Wurzel als Färbe-

und Heilmittel. G. Watt berichtet in seinem Dictionary of the economic products of India, Vol. V, London und Kalkutta 1891, ausführlich über die Stammpflanzen und deren Kultur, über die Bedeutung, Bereitung und Verwendung des in Bengalen Aal, A'l, Ach oder Aich genannten Farbstoffes. Nach E. A. Duchesne (10) besitzt die Wurzel der im tropischen Amerika heimischen *M. royok* L. purgierende Wirkung und heißt deshalb »Rhubarbe des Caraibes«. [S. auch

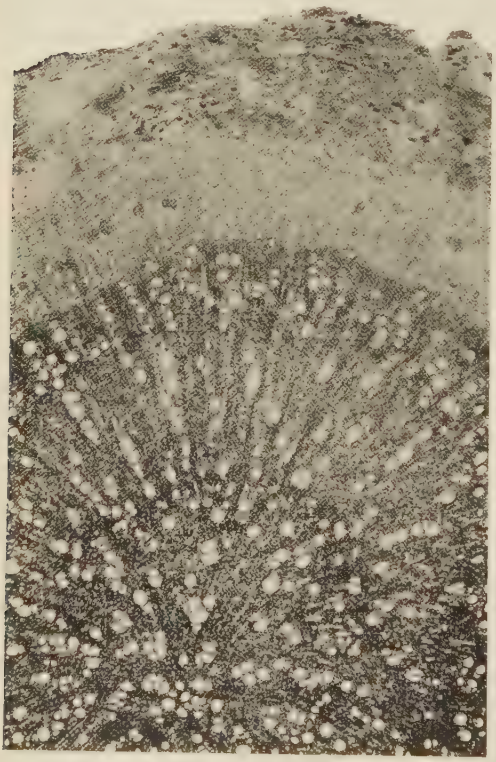


Abb. 9.
Querschnitt der Wurzel von *Morinda citrifolia*.
Orig.-Photogr. (J. Moeller.)

W. Dymock (11) und Heber-Drury (12).]

Am gebräuchlichsten ist *Morinda citrifolia* L., Indian Mulberry, Togari wood of Madras, deren festes Holz von Insekten nicht angegriffen wird, deren Blätter eine rote und deren Wurzeln eine gelbe Farbe liefern.

Die Wurzel besteht aus etwa 5—12 mm dicken, stielrunden Stücken von gelbbrauner Farbe, zum Teil bedeckt von einem dünnen, grauweißen Kork (s. Abb. 9).

Die Wurzeln von *Morinda tinctoria* Roxb. und *M. macrophylla* Desf., die A. v. Vogl nach Mustern von der Pariser Weltausstellung 1878 untersuchte, sind im anatomischen Bau von *M. citrifolia* nicht wesentlich verschieden.

M. citrifolia L. und *M. tinctoria* Roxb. sind in Ostindien und Südasien weit verbreitet und kommen in fast allen Provinzen Britisch-Indiens vor. Sie wachsen teils wild, wie in den Dschungeln von Bengalen, teils werden sie angebaut, sei es auf Betelnuß-Plantagen, sei es von den Färbern selbst. Das Rohprodukt besteht aus den getrockneten Wurzeln, deren Rinde hauptsächlich den Farbstoff enthält; er wird sowohl von wildgewachsenen wie von angebauten Pflanzen gewonnen.

Wenn die Pflanze eine Höhe von 1,50 bis 2,00 m erreicht hat (nach ungefähr 3 Jahren), werden die Wurzeln ausgegraben; die dünnen sind wertvoller als die dicken. Sie werden getrocknet und kommen in Bruchstücken von 2 bis 8 cm Länge und 5 bis 10 mm Dicke, die außen braun, im Innern (im Holzkörper) gelb gefärbt sind, in den Handel.

Man färbt damit die baumwollenen Bänder, mit denen die Eingeborenen ihre »Khàrua« genannten Baumwolltücher umsäumen, sowie auch seidene Bänder und Stoffe.

Der Farbstoff der Wurzelrinde ist das gelbe kristallisierte Morindin $C_{27}H_{30}O_{15}$ (Thorpe). Es bildet kleine gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 245°, die sich in Kaliumkarbonatlösung mit hellroter, beim Kochen sich nicht verändernder Farbe lösen. Mit verdünnter Schwefelsäure gekocht, spaltet es sich in Glukose und Morindon $C_{15}H_{10}O_5$, orangerote Nadeln, Schmelzpunkt 271—272°:

$$C_{27}H_{30}O_{15} + H_2O = 2\,C_6H_{12}O_6 + C_{15}H_{10}O_5,$$

in Alkalien mit blauvioletter Farbe löslich, etwas blauer als Alizarin. Morindon ist wahrscheinlich ein Trioxymethylanthrachinon, woraus sich die abführende Wirkung der Morindawurzel erklären würde. Morindawurzel hat ungefähr nur $^1/_3$ Farbkraft von Krapp mittlerer Qualität. Je nach dem Alter der Wurzel und dem Verhältnis von Rinde zum Holz (dieses allein gibt gelblichere Töne) erhält man rötlichgelbe, rosa, rote und dunkelbraunrote Fär-

bungen. Man färbt das Gewebe ähnlich wie Türkischrot und erhält ein echtes Rot. Purpurrote bis schokoladebraune Töne werden durch Zusatz von Eisenvitriol erzeugt.

17. **Mang-Koudu,** Wongkoudu, Song-Koulong, Oungkoudou. Mang-Koudu ist ein indisches Färbematerial aus der Wurzelrinde von *Morinda umbellata* L. (Cinchonaceae) und kommt in Form von kleinen, unregelmäßigen, rötlichbraunen Rollen in den Handel. In Java wird es viel zum Färben der roten Teile der unter dem Namen »Batik«-Tücher bekannten Gewebe angewandt.

Die *Morinda umbellata* wächst auch in Ceylon und in den gebirgigen Regionen von Ost-, Süd- und Südwestindien, ferner auf Java usw.

Je nach den Distrikten führt der Farbstoff in Indien verschiedene Namen *Al* (Bombay), *Nùna* (Tamil), *Mùlùghùdù* (Teluga), *Mang-koudu* (Malaiisch).

Die Wurzelrinde enthält 4% Chlororubin, 0,6 % reines Morindon und 0,1 % gelbe Substanzen (Anthrachinonabkömmlinge). Letztere bestehen aus mindestens 6 Substanzen:

a) Hauptprodukt $C_{16}H_{12}O_5$ Monomethyläther des Trioxymethylanthrachinons, gelbe Nadeln, Schmelzpunkt 171—173 °.

b) Verbindung $C_{15}H_{10}O_4$ Methylpurpuroxanthin, gelbe Nadeln, Schmelzpunkt 269 °.

c) Gelbe Substanz $C_{16}H_{12}O_6$, orangerote Nadeln, Schmelzpunkt 258 °.

d) Gelbe Substanz $C_{16}H_{10}O_5$, zitronengelbe Nadeln, Schmelzpunkt 198—199 °, isomer mit e.

e) Gelbe Substanz $C_{16}H_{10}O_5$, orangerote Nadeln, Schmelzpunkt 208°, isomer mit d.

f) Substanz in sehr kleiner Menge, orangerote Nadeln, Schmelzpunkt 282 °.

Anwendung in der Färberei. Wolle und Seide im essigsauren Bad mit einer Abkochung der Wurzel behandelt geben infolge der Anwesenheit von Morindon ein schönes Orange, das mit Alkalien sofort in Rot umschlägt.

Um mit Mang-Koudu die gebeizte Baumwolle färben zu können, muß man die Droge mehrere Male mit der zehnfachen Menge Wasser einige Stunden stehen lassen, wobei sie einen Gewichtsverlust von 70 % erleidet. Auf Tonerde und Eisenbeize werden dann krappähnliche Färbungen erhalten. Die Rots sind etwas gelber, die Lilas dunkler und röter, die Brauns etwas schwärzer und stumpfer als die entsprechenden Krappfarben.

Baumwolle mit Türkischrotöl behandelt gibt auf Tonerde ein glänzendes Orangerot oder Scharlach, auf Chrom ein reiches Schokoladebraun, auf Eisen ein stumpfes Purpur bis Schwarz.

Auf gebeizter Wolle und Seide gibt Chrom ein gutes Schokoladebraun, Tonerde ein Orangerot, Eisen ein Purpurschwarz oder Schwarz und Zinn ein Orange.

Alle diese Färbungen sind seifen-, wasch- und lichtecht.

18. **Ojuologbo,** Waldrebe, auch »Mibogga« genannt, ist die wertvollste Heilpflanze Westafrikas: *Morinda longiflora* G. Don. Die Wurzel enthält: Oxymethoxymethylanthrachinon $C_{16}H_{12}O_4$, gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 290 ° und Alizarinmonomethyläther $C_{15}H_{10}O_4$, orangegelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 178 bis 179 °.

Morindin und Morindon sind nicht vorhanden!

Die Blätter enthalten ebenfalls Oxymethoxymethylanthrachinon und Morindonal $C_{38}H_{62}O_4$, bei 278 ° schmelzende Kristalle, $[\alpha]_D$ + 65,9 °.

19. **Rhabarber.** Unter Rhabarber schlechthin versteht man sowohl das Kraut, insbesondere die Stiele, als auch den Wurzelstock, insbesondere die getrockneten Wurzeln einer ganzen Reihe von Pflanzen der Gattung *Rheum* (Fam. Polygonaceae). Offizinell ist der Chinesische Rhabarber, *Rheum officinale* Baillon, *Radix rhei sinensis.* Südlicher Rhabarber aus Shanghai, Tsientsin, Kanton u. a. Häfen importiert (Kanton-Rhabarber). *Rheum palmatum* L., chines. Rhabarber der nördlichen Provinzen, kurzweg nördlicher Rhabarber, besonders in der Varietät *β-tanguticum,* auch Kron-Rhabarber, *Radix rhei moscovitici* genannt, wird in Frankreich angebaut.

Rheum tanguticum Tschirch.

Diese 3 Arten gelten als Stammpflanzen des echten chinesischen Rhabarbers, der als Rhizoma (Radix) Rhei allgemein offizinell ist. Sie wachsen in den Gebirgen

des westlichen und nordwestlichen Chinas und dem angrenzenden Gebiete Tibets.

Rheum rhaponticum L. Pontischer Rhabarber. Sibirien, Südrußland. In Österreich, Ungarn, England und Frankreich angebaut. Rhizom liefert einen Teil des englischen und auch französischen Rhabarbers, Rhapontikwurzel *(Radix rhei rhapontici)*, österreichischer Rhabarber.

Rheum undulatum L. China, Sibirien; in Europa angebaut.

Rheum compactum L.

Rheum emodi Wallich wird in Indien zum Rotfärben [Watt (9)],

Rheum moorcroftinarum Royle, im westlichen Himalaja,

zum Gelbfärben von Wollstoffen verwandt [Watt (9)].

Die wichtigsten Bestandteile der Wurzel oder richtiger ihres Rhizoms sind: Chrysophansäure, Emodin und in einigen Arten auch noch Rhein.

Chrysophansäure (Chrysophanol) $C_{15}H_{10}O_4$, Rhabarbergelb, 1,8-Dioxy-3-methyl-anthrachinon, goldgelbe Nadeln, Schmelzpunkt 196°. In Wasser unlöslich, Alkalien lösen kirschrot. Gelber Beizenfarbstoff, pharmakologisch wirkungslos.

Ein Glukosid der Chrysophansäure Chrysophaneïn $C_{21}H_{20}O_9$, aus dem chinesischen Rhabarber isoliert, kristallisiert in gelben, geruch- und geschmacklosen Nadeln vom Schmelzpunkt 242 bis 249°. Beim Kochen mit verdünnten Säuren zerfällt es in Chrysophansäure und Glukose.

$$C_{21}H_{20}O_9 + H_2O = C_{15}H_{10}O_4 + C_6H_{12}O_6$$

Chrysophansäure wird der Wurzel mit organischen Solventien (Benzol, Äther, Alkohol) entzogen; diese Lösungen färben tierische Faser intensiv gelb.

Ungebeizte Wolle und Seide wird zitronengelb gefärbt; Aluminiumbeize gibt rötliches Gelb, Chrombeize schmutziges Gelb.

Emodin (Frangula-Emodin) $C_{15}H_{10}O_5$, tiefrotorange Nadeln, Schmelzpunkt 254° = 1,6,8-Trioxy-3-methyl-anthrachinon. Menge im Rhabarber nur 2%; wirkt abführend. In Alkalien mit blutroter Farbe löslich.

Aloe-Emodin, Iso-Emodin, Rhabarberon $C_{15}H_{10}O_5$, gelbrote Nadeln vom Schmelzpunkt 224° = 1,8-Dioxy-3-oxymethylen-anthrachinon, isomer mit Frangula-Emodin.

Erwärmt man mit Schwefelsäure, verdünnt mit Wasser und übersättigt mit Ammoniak, so tritt mit Frangula-Emodin kirschrote, mit Aloe-Emodin violette Farbe auf.

Rheïn $C_{15}H_8O_6$, sublimierbare kleine gelbe Nadeln, Schmelzpunkt 314° = 1,8-Dioxyanthrachinon-3-carbonsäure. In verdünnten Alkalien mit roter Farbe löslich.

Rheïn ist ein richtiger Farbstoff und färbt gebeizte und ungebeizte Wolle fast ebenso gut an wie Chrysophansäure, die Färbungen sind noch reiner und klarer.

In schwach schwefelsaurem Bade werden ungebeizte, mit Tonerde und Chrom gebeizte Wolle beinahe gleich rein zitronengelb gefärbt, die auf Chrom erzielte Nuance ist eine Spur dunkler und grünstichiger. Zinn- und Eisenbeize werden nur sehr unbedeutend angefärbt.

Rheinol-Säure, in der Rhabarberwurzel nur in kleiner Menge enthalten und bei der Reinigung des Emodins aus den Mutterlaugen gewonnen. $C_{17}H_{10}O_6$, dunkelrote, glänzende Nadeln vom Schmelzpunkt 295—297°. Anthrachinonderivat mit Carboxyl- und mindestens einer Hydroxylgruppe. In Alkalien mit tiefroter Farbe löslich.

20. **Rumex Ecklonianus** (Meisner), Poligonacee aus Südafrika, mild abführend. Das Kraut enthält: Chrysophansäure, Emodin, Emodinmonomethyläther und Kämpferol $C_{15}H_{10}O_6$ (1,3,4′-Trioxyflavonol), hellgelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 276—277°.

21. **Rumex nepalensis** (Spreng), Poligonacee, in Ostindien heimisch. Wurzel (Adstringens) enthält Rumicin $C_{15}H_{10}O_4$, goldgelbe Blättchen vom Schmelzpunkt 186—188°, in Kalilauge mit purpurroter Farbe löslich;

Nepalin $C_{17}H_{14}O_4$, orange Nadeln vom Schmelzpunkt 136°, unlöslich in Alkalikarbonaten, in Kalilauge mit purpurroter Farbe löslich;

Nepodin $C_{18}H_{16}O_4$, Hauptbestandteil der Wurzel, grünlichgelbe Prismen vom Schmelzpunkt 158°, in Alkalikarbonatlösungen löslich. (Unterschied von Rumicin und Nepalin.) Rumicin ist vielleicht

identisch mit Chrysophansäure. Nepalin wird auch als Lapodin bezeichnet. Die Wurzel findet in Indien medizinische und technische Anwendung.

22. Sennesblätter sind die Blätter verschiedener Arten von Cassia (Leguminose) und werden in der Medizin wegen ihrer abführenden Wirkung benutzt. Am bekanntesten ist *Cassia angustifolia* Vahl in Arabien, Ostafrika, Ost- und Südindien angebaut. Folia Sennae off. von indischen Pflanzen.

Sennesblätter enthalten als wirksamen Bestandteil leicht zersetzliche Glukoside. Nach Tschirch und Hiepe (13) ist dargestellt: Roh-Anthraglukosennin (Emodinglukosid), daraus wurden gewonnen:

1. durch Ätherextraktion: Senna-Emodin $C_{15}H_{10}O_5$, gelbe Kristalle vom Schmelzp. 223—224°, Senna-Chrysophansäure $C_{15}H_{10}O_4$, Schmelzpunkt 223—224° und Glukosennin $C_{22}H_{18}O_6$;

2. durch Azeton gelöst: Senna-Isoemodin $C_{15}H_{10}O_5$ und Senna-Rhamnetin, gelbe Nadeln, Schmelzpunkt 260° (= Isorhamnetin $C_{16}H_{12}O_7$);

3. in dem ungelöst gebliebenen Anteil befindet sich Senna-Nigrin (spaltet Emodin und Chrysophansäure ab).

Tutin (14) fand in indischen (Tinnevelly), Lima- und Peru-Sennesblättern, in *C. angustifolia* (Vahl) und in *C. acutifolia* (Delile), den Alexandrinischen Sennesblättern aus Assuan, Kordofan und Dongola nur Senna-Isoemodin oder Senna-Chrysophansäure.

Die isolierten Anthrachinon-Derivate sind: Aloe-Emodin $C_{15}H_{10}O_5$ und Rhein $C_{15}H_8O_6$ teils frei, teils als Glukosid vorhanden. Sennesblätter enthalten noch Kämpferol $C_{15}H_{10}O_6$ und das Glukosid Kämpferin $C_{27}H_{30}O_{16} \cdot 6\,H_2O$, Schmelzpunkt 185—195°.

23. Rhamnus frangula L. (*Frangula Alnus* Mill.) ist der in Europa, Nordafrika und Mittelasien vorkommende Faulbaum (Rhamnacee), dessen Rinde (Cortex Frangulae off.), Faulbaumrinde eine mild abführende Substanz Rhamnotoxin (Frangulin) $C_{21}H_{20}O_9$, zitronengelbe Kristallnadeln mit seidig glänzender Oberfläche vom Schmelzpunkt 226°, als Glukosid enthält, die in Alkalien mit kirschroter Farbe löslich ist. Gehalt in der Rinde 0,8%. Kochen mit verdünnten Säuren spaltet das Frangulin in Frangula-Emodin und Rhamnose:

$$C_{21}H_{20}O_9 + H_2O = C_{15}H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_5.$$

Der in manchen Strangparenchym- und Markstrahlzellen des Splintes vorhandene goldgelbe, in Alkohol unlösliche, mit Ätzkali sich rot färbende Inhalt enthält das Glukosid Frangulin (Rhamnoxanthin).

24. Polygonum cuspidatum (Sieb. et Zucc.), Polygonacee, in China, Japan und Indien heimische Knöterichart (in China »Kan-yen, wu-tzu« genannt), dessen Wurzelrinde abführend wirkt und in Patung zum Gelbfärben gebraucht wird.

Der Hauptbestandteil der Wurzel ist das Glukosid Polygonin (Cuspidatin), orangegelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 202—203°, $C_{21}H_{20}O_{10}$, das durch Kochen mit Säure in Emodin und Zucker hydrolysiert wird:

$$C_{21}H_{20}O_{10} + H_2O = C_{15}H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6.$$

Ferner ist noch Emodinmonomethyläther vom Schmelzpunkt 200° als Glukosid vorhanden.

25. Aloë. Die Gattung Aloë gehört zur Familie der Asphodeloïdeae (Liliaceen), deren Heimat Afrika (Kap) ist und die in Ost- und Westindien, Griechenland usw. angebaut wird.

Der getrocknete, verhärtete Saft der Aloë ist die bekannte pharmazeutisch wichtige Droge, zu deren Gewinnung die dicken, fleischigen Blätter der Pflanze nach dem Abschneiden aufgehängt werden, so daß der gelbe Saft frei ausfließt.

Außer zur Vertilgung von Insekten und zum Einbalsamieren von Leichen im Orient wird es verwandt, um Holz gelb oder mahagoniartig zu färben.

Der eingetrocknete Saft kommt in braunen Stücken mit grünlichem Reflex in den Handel.

Je nach der Herkunft unterscheidet man folgende Aloë-Sorten:

Kap-Aloë von *A. spicata, arborescens, linguaeformis, lucida, A. ferox, A. Perryi* Back.

Skotrina-Aloë von *A. socotrina.*

Leber-Aloë von *A. vulgaris.*

Barbados-Aloë von *A. arborescens.*

Uganda-(Natal-)Aloë, Varietät der Kap-Aloë.

Curaçao-Aloë von *A. vulgaris, socotrina, arborescens.*

Jafferabad-Aloë von *A. abyssinica* L.

Mit aluminium- und eisengebeizten Stoffen erhält man nußbraune Färbungen.

Der Hauptbestandteil des Aloësaftes, dem dieser seine abführende Wirkung verdankt, ist das Aloin, das schwache, beizenfärbende Eigenschaften besitzt und am besten aus Barbados- oder Leber-Aloë durch Extraktion mit 90 bis 95° warmem Wasser und Eindampfen im Vakuum in Kristallen erhalten wird. Aloin ist ein Glukosid des Aloë-Emodins. Durch starke Oxydationsmittel wie HNO_3, Na_2O_2 oder Chromsäure wird der Zuckerrest abgespalten, und man erhält Aloëtin- und Chrysaminsäure (d. i. Tetranitro-1,8-Dioxyanthrachinon, mit HNO_3).

Je nach den Anfangssilben unterscheidet man die Aloine verschiedener Herkunft als: Kapaloin, Nataloin, Sokaloin, Curaçaloin, Zanaloin, Barbaloin usw. Das in der Barbadoaloë (*A. barbadensis* Mill., Varietät von *A. vulgaris*) vorkommende Barbaloin ist identisch mit dem Sokaloin (aus Socotrinaloë, *A. Perryi* Back.), Curaçaloin (aus *Aloë curaçao, A. chinensis* Back., Varietät von *A. vulgaris*), Kapaloin (*Aloë capensis, A. lucida*), Jafaloin (Jafferabad-Aloë von *A. stratula* Kth.), Ugandaaloin (eine Kapaloë) und Feroxaloin (aus *Aloë ferox*).

Verschieden ist nur das Nataloin (aus der Natalaloë (*A. barberae* Dyer).

Ferner findet sich aber in einzelnen Aloëarten noch ein zweites Aloin, das Isobarbaloin, besonders in Barbados- und Curaçaoaloë, das ein normales Glukosid des Aloë-Emodins zu sein scheint.

Über die genauere Zusammensetzung verschiedener Aloësorten vergl. S. 114.

Man gewinnt Aloin, indem man Aloë mit Methylalkohol 2—3 Tage mazeriert und dann zu der auf 50—60° erwärmten Lösung Chloroform gibt. Die untere madeirarote Schicht enthält die Aloine. Das nach dem Verdunsten aus Alkoholchloroform umkristallisierte Rohaloin enthält beim Ausgehen von Barbados- oder Curaçaoaloë noch Isobarbaloin. Nachdem man nochmals aus Chloroform-Methylalkohol und dann aus Methylalkohol allein umkristallisiert hat, erhält man gelbe, prismatische Nadeln vom Schmelzpunkt 147°. Barbaloin ist optisch aktiv und löst sich in Alkalien und Alkalikarbonaten mit roter bzw. gelber Farbe.

Seine Hydrolyse in Aloë-Emodin und d-Arabinose erfolgt nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Aloin}}{C_{20}H_{18}O_9} + H_2O = \underset{\text{Aloë-Emodin}}{C_{15}H_{10}O_5} + \underset{\text{Arabinose.}}{C_5H_{10}O_5}$$

In der Technik benutzt man eine Lösung von Aloë in Salpetersäure als Beize, um Holz gelb oder mahagoniartig zu färben.

Isobarbaloin unterscheidet sich von dem isomeren Barbaloin dadurch, daß es mit Kupfersulfat und Kochsalz in wässriger Lösung eine violettrote Färbung gibt.

Nataloin, hellgelbe Schuppen, löslich in Alkalien $C_{15}H_{16}O_7$.

Homonataloin $C_{16}H_{18}O_7$, gelbe Blättchen.

Nataloin und Homonataloin sind nicht isomer und optisch aktiv.

26. Goapulver aus dem Stamme einer in Brasilien heimischen Leguminose *Andira araroba Agur* von Bahia nach dem portugiesischen Goa gebracht.

Goapulver ist auch bekannt als Araroba oder rohes Chrysarobin (1,8,9-Trioxy-3-methyl-anthracen), als Ausschwitzung der südamerikanischen Baumart *araroba.*

Es enthält Chrysophansäure, Emodinmethyläther, die Anthranole dieser Verbindungen und den Methyläther von Dehydroemodinanthranol $C_{16}H_{12}O_4$. Mitunter auch freies Emodin und die Verbindung Ararobinol $C_{23}H_{16}O_5$, gelbe flache Kristalle. Zersetzungspunkt 225°, löslich in konzentrierten Alkalien mit gelber Farbe. Mit Schwefelsäure erst orange, dann blau und grün und schließlich schmutzig grau.

Chrysarobin und Chrysophanhydranthron stellen Reduktionsprodukte der Chrysophansäure dar, die an der Chinongruppe verändert sind. Chrysarobin ist das entsprechende Anthrol der Chrysophansäure, Chrysophanhydranthron das entsprechende Anthron. Durch Oxydation läßt sich aus beiden Chrysophansäure erhalten. Man hat so im Chrysarobin eine bequeme Quelle für Chrysophansäure. Chrysophan-

hydranthron gewinnt man meistens durch Umlagerung aus dem Chrysarobin.

Chrysophansäure (Chrysophanol) $C_{15}H_{10}O_4$ s. o.

Dihydro-Emodinanthranolmonomethyläther $C_{16}H_{12}O_4$, hellgelbe Nadeln vom Zers.-P. 265°, unterscheidet sich vom Monomethyläther des Emodin-Anthranols durch den Mehrgehalt von 2-Wasserstoffatomen.

27. Alkanna. Unter diesem Namen kommen zwei ganz verschiedene Drogen vor. Man unterscheidet:

1. Echte Alkanna vom arabischen Namen Al-hennah oder Al-kenna, umgewandelt in Alkanna oder Henna, ist die Wurzel der in Nordafrika, Ostindien und im Orient wild wachsenden weißen Lawsonie (*Lawsonia alba* Lam. oder *L. inermis* L.), des Hennastrauches (Fam. *Lythraceae*). Sie wird als *Radix alcannae vera* bezeichnet, findet jedoch in Europa als Färbemittel kaum noch Verwendung. Dagegen bilden die gepulverten Blätter für viele Völker des Orients und Afrikas ein als Kosmetikum stark verwandtes Farbmaterial, mit dem die Finger- und Fußnägel, die inneren Handflächen und Fußsohlen und auch die Haare rot gefärbt werden [Loureiro (15)]. Sie sind unter dem Namen Henna, Alhenna, Tamr-el Hinna u. a. bekannt. Unter derselben Bezeichnung geht auch die Wurzel. Indische Henna („Mehudi") besteht aus den schwach verholzten, dornigen Trieben, Blättern und Blattfragmenten und wird auch zum Färben von Leder benutzt. In Europa wurde sie in die Seidenfärberei eingeführt; besonders wurde die in Algier gebaute Henna in den Lyoner Seidenfärbereien zur Erzeugung azurblauer und schwarzer Farben benutzt. Jetzt findet sie wohl kaum noch Anwendung.

Das Hennablatt (Abb. 10) ist meist 3 bis 4 cm lang (im Max. 6 cm), 1,5—2,5 cm breit, eirund, eiförmig, eilanzettlich bis fast spatelförmig, zugespitzt oder mit abgerundetem Blattende, dem ein Spitzchen aufgesetzt ist, am Grunde stielartig verschmälert, ganzrandig, glatt. Von dem ziemlich kräftigen, gerade verlaufenden Hauptnerven zweigen (meist 4—5) Nebennerven unter einem Winkel von beiläufig 50° ab, um nahe dem Blattrande sich mit dem nächst höheren Nerven bogenförmig zu vereinigen.

Der anatomische Bau des Blattes ist von Paschkis (16), Hartwich (17) und Netolitzky (18) beschrieben worden. Das bifazial gebaute Blatt besitzt eine zwei- oder mehrreihige Palisadenschicht und ein Schwammparenchym, dessen Zellen sich auch mitunter in senkrechter Richtung strecken. Letzteres enthält auch große Oxalatrosetten. Die »oben eingesunkenen Nerven besitzen auf der Unterseite des bikollateralen Bündels Gruppen von Sklerenchymfasern« (Netolitzky). Die Epidermiszellen beider Seiten sind in der Flächenansicht geradlinig- oder schwach bogig-polygonal; zahlreiche sind vergrößert und mit verschleimten Innenwänden ausgestattet.

Abb. 10.
Lawsonia inermis L. Blätter in Ägypten kultivierter Pflanzen. (Krasser.)

Beide Blattsorten führen reichlich Spaltöffnungen mit drei oder vier Nebenzellen.

Die besseren Handelssorten bestehen fast nur aus dem Blätterpulver, sind jedoch gewöhnlich mit Sand verunreinigt.

In Indien wird die Henna vielfach unter dem Namen Mehudi und davon abgeleiteten Bezeichnungen verkauft, so nach Wiesner in den Bazaren von Bombay. Diese Sorten bestehen aus den beblätterten Trieben, abgebrochenen Blättern und Blattbruchstücken. Mit Katechu zu einem Teig verarbeitet, heißt Henna in Indien Mayndie; der Teig dient zum Färben von Leder [Semler (19)]. Über Henna vergl. auch A. Giu (20). Die Hauptmasse des Farbstoffes ist jedoch nicht in den Blättern, sondern in den Stengeln enthalten. Wie bereits Wiesner (21) festgestellt hat, gibt die Henna mit Wasser gekocht eine gelbrötliche Flüssigkeit, die auf Zusatz von Alkalien desto mehr an

Gegenwärtig dürften bei der geringfügigen Verwendung der Alkannawurzel Fälschungen kaum mehr vorkommen, obwohl Alkannin oder ein ihm ähnlicher Farbstoff in der Familie der Borraginaceen sehr verbreitet ist. Vogtherr (29) fand es auch in *Alcanna cappadocica* Boiss., *Onosma echoides, Megacaryon orientale* Boiss. und in Lithospermum-Arten. E. M. Holmes (30): *Arnebia thibetana* Krz. und *tinctoria* Vahl., *Lithospermum erythrorhizon, Macrotomia Benthami* D. C. und *perennis* Benth., *Onosma Encodi* Wall. und *O. Hookeri* Clarke; Norton (31) fand Alkannin in mehreren Plagiobothrys-, Krynitznia- und Lithospermum-Arten, in *Echium vulgare* L. und *Erytrichum glomeratum*; Hartwich (32) ergänzt die Liste durch *Alcanna Matthioli* Tausch und *Amelia tingens* D. C.

28. Onosma echioides (Borraginacee), in Mittel- und Südeuropa, auch in Asien (westl. Himalaya von Kaschmir bis Kumaon, Sibirien usw.) weit verbreitete zweijährige Pflanze. Die Wurzeln sind violett gefärbt und liefern bei mehrmaliger Extraktion mit Alkohol eine rote Lösung eines in Wasser wenig löslichen Farbstoffes, der in verschiedenen Gegenden Indiens zum Färben von Wolle, Ölen und Fetten (als Alkanna-Ersatz) benutzt wird. Nach Decandolle (33) wird die Wurzel in Südfrankreich gesammelt und statt der echten »Orcanette« zum Rotfärben benutzt. Nach Watt (34) finden sowohl die gemahlene Wurzel als auch die Blätter und Blüten medizinische Verwendung.

Die Haupteigenschaften und Farbenreaktionen des Wurzelfarbstoffes sind der Alkanna sehr ähnlich und es ist daher nach Perkin entweder derselbe oder ein eng verwandter Farbstoff darin enthalten.

29. Ventilago maderaspatana Gärtn. ist ein großer, zu den Rhamnaceen gehörender Kletterstrauch, der in West- und Südindien, sowie in Ceylon und Birma sehr verbreitet ist und eine Wurzelrinde liefert, die in Südindien ein geschätztes Farbmaterial darstellt. Sie wird in Mysore in großen Mengen gesammelt und nach anderen Distrikten Indiens exportiert. Die Jahresproduktion soll 1—3 Tonnen betragen.

Die Ventilago-Wurzelrinde kommt in Form dunkler, braunroter Splitter, Bänder oder Fasern in den Handel, in den verschiedenen Distrikten unter verschiedenen Bezeichnungen: »Pitti« in Hindu, »Raktapita« in Bengalen, »Pappilichakka« oder »Suralpatti« in Tamil, »Lokandi«, »Kanwait« in Bombay usw.

A. G. Perkin und Hummel (35) haben durch Extraktion der Wurzelrinde mit kaltem Schwefelkohlenstoff und nachfolgende ziemlich umständliche und sehr schwierige Trennung 5 kristallisierte Substanzen, die aber keine Farbstoffe darstellen, ferner ein rotes, den eigentlichen färbenden Bestandteil bildendes Harz (Ventilagin $C_{15}H_{14}O_6$), alles Anthrachinonderivate, und daneben noch ein kristallisierendes Wachs isoliert.

1. Verbindung $C_{16}H_8O_8$, orangerotes, glänzendes, kristallinisches Pulver, Schmelzpunkt 275—280°, unlöslich in kochendem Alkohol, wenig in anderen organischen Lösungsmitteln, in Alkalien mit orangeroter Farbe löslich. Dürfte ein Derivat des α-Methylanthrachinons sein.

2. Verbindung $C_{16}H_{12}O_5$, lange, orangerote Nadeln vom Schmelzpunkt 200°; schwer löslich in Alkohol und Azeton, leichter in Benzol und Schwefelkohlenstoff, in Alkalien mit Purpurfarbe löslich, ist identisch mit Emodinmonomethyläther (Trioxy-α-Methylanthrachinonmonomethyläther).

3. Verbindung $C_{16}H_{14}O_4$, lange, farblose Nadeln, die sich bei 260° zersetzen. Fast unlöslich in Alkohol und Benzol, leichter löslich in Azeton und Eisessig, in Alkalien erst in der Wärme mit gelbbrauner Farbe löslich. Ist ein Trioxy-α-Methylanthranolmonomethyläther.

4. Verbindung $C_{14}H_{14}O_4$, hellgelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 173°, schwer löslich in Alkohol, leichter löslich in Benzol und Azeton. In Alkalien löst sich die Substanz mit gelbbrauner Farbe, die Lösung wird beim Stehen an der Luft rot. Ist ein isomerer Trioxy-αMethylanthranolmonomethyläther.

5. Verbindung $C_{17}H_{12}O_5$, schokoladebraunes, mikrokristallines Pulver, in verdünnten Alkalien mit gelber Farbe löslich; die Lösung scheidet beim Stehen an der Luft einen blauen amorphen Niederschlag ab.

6. Das Wachs $(C_9H_{16}O)_n$, mikroskopisch kleine, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 72°.

besonders in der Pharmazie und Parfümerie, auch wohl zum Färben von Weingeist, Seide, Leinen und Baumwolle. Auch im Kattun- und Seidendruck hat der schwach saure Eigenschaften besitzende Farbstoff der Alkannawurzel kurze Zeit eine ganz untergeordnete Rolle gespielt für Violett oder Blaugrau (auf Aluminium-Beize) und Grau (auf Eisenbeize). Die so erzielten Färbungen sind sehr alkali- und lichtempfindlich.

Zur Gewinnung wird die Wurzel zerschnitten, mit Wasser so lange ausgezogen, als dieses sich noch färbt, die Wurzeln getrocknet, mit Alkohol, Petroläther oder Schwefelkohlenstoff ausgezogen und die Lösung abdestilliert. Zur Reinigung wird der Verdunstungsrückstand der Lösung mit kalter zweiprozentiger Natronlauge aufgenommen, das Filtrat mit Salzsäure oder Essigsäure gefällt und aus Benzol umkristallisiert.

Das käufliche Alkannin (Extractum Alcannae), durch Extraktion der Droge mit Petroläther oder Benzin gewonnen, ist ein fast schwarzgrün reflektierendes fettiges, harz- oder salbenartiges Produkt von großem Färbevermögen, unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Äther, ätherischen und fetten Ölen mit roter Farbe.

Die Haupthandelssorten stammen aus Südeuropa (Frankreich, Spanien), Griechenland (Peloponnes), Cypern, Italien und Ungarn.

Gehaltvoller dem Aussehen nach ist die in unserem Handel nicht regelmäßig vorkommende syrische oder türkische Alkanna, die M. Vogtherr (29) eingehend beschreibt und abbildet. Sie stammt von *Macrotomix cephalotes* D. C., einer in der alpinen Region von Griechenland bis Transkaukasien verbreiteten, unserem Lithospermum nächstverwandten Borraginoidee.

Es sind bis 50 cm lange, zylindrische oder nach unten allmählich verschmälerte, 2—5 cm dicke, gerade, meist aber spiral- oder bogenförmig gekrümmte, oben zum Teil vielköpfig ästige Wurzeln, nicht selten mit gerade abstehenden Ästen, an den meist stark auseinanderstrebenden Köpfen dicht bedeckt von Blattresten, die einen sehr dichten, graulichweißen Filz von angedrückten Haaren tragen und von der in Wasser mazerierten Wurzel leicht abgestreift werden können. Die Wurzeln selbst erscheinen bis ins Innere zerklüftet, förmlich aufgelöst in rinnen- oder schalenförmige Stücke von schwärzlichroter oder schwarzvioletter Farbe und fast metallischem Glanze, an Rolltabak erinnernd (Abb. 11).

An Wasser gibt die syrische Alkanna fast gar keinen Farbstoff ab; sie quillt darin selbst nach langer Zeit nur unbedeutend. Vogtherr (29) bestimmte ihren Alkanningehalt mit 9,13 %.

Abb. 11.
Syrische Alkanna in halber Größe. Orig.-Photogr. (J. Moeller.)

Der Aschengehalt der ganzen Wurzel beträgt nach v. Vogl 8,9 %, jener der peripheren Schalen für sich 10,8 %, jener des Wurzelrestes (nach Entfernung der äußeren Schalen) 8,46%. Ähnliche Aschengehalte ergab eine Radix Alcannae electa, während die gewöhnliche Handelsware weit größere Werte liefert, nämlich 14,1 % für die ganze Wurzel, 17,1 % (davon 9 % unlöslich) für die Schalen und 10,5% (davon unlöslich 3,5%) für den Wurzelrest.

Als Verfälschung der Alkannawurzel wird schon von älteren Autoren (Murray, Böhmer) erwähnt die mit einer Abkochung von Brasilholz durchtränkte Wurzel der Ochsenzunge (*Anchusa officinalis* L.).

Gegenwärtig dürften bei der geringfügigen Verwendung der Alkannawurzel Fälschungen kaum mehr vorkommen, obwohl Alkannin oder ein ihm ähnlicher Farbstoff in der Familie der Borraginaceen sehr verbreitet ist. Vogtherr (29) fand es auch in *Alcanna cappadocica* Boiss., *Onosma echoides, Megacaryon orientale* Boiss. und in Lithospermum-Arten. E. M. Holmes (30): *Arnebia thibetana* Krz. und *tinctoria* Vahl., *Lithospermum erythrorhizon, Macrotomia Benthami* D. C. und *perennis* Benth., *Onosma Encodi* Wall. und *O. Hookeri* Clarke; Norton (31) fand Alkannin in mehreren Plagiobothrys-, Krynitznia- und Lithospermum-Arten, in *Echium vulgare* L. und *Erytrichum glomeratum*; Hartwich (32) ergänzt die Liste durch *Alcanna Matthioli* Tausch und *Amelia tingens* D. C.

28. **Onosma echioides** (Borraginacee), in Mittel- und Südeuropa, auch in Asien (westl. Himalaya von Kaschmir bis Kumaon, Sibirien usw.) weit verbreitete zweijährige Pflanze. Die Wurzeln sind violett gefärbt und liefern bei mehrmaliger Extraktion mit Alkohol eine rote Lösung eines in Wasser wenig löslichen Farbstoffes, der in verschiedenen Gegenden Indiens zum Färben von Wolle, Ölen und Fetten (als Alkanna-Ersatz) benutzt wird. Nach Decandolle (33) wird die Wurzel in Südfrankreich gesammelt und statt der echten »Orcanette« zum Rotfärben benutzt. Nach Watt (34) finden sowohl die gemahlene Wurzel als auch die Blätter und Blüten medizinische Verwendung.

Die Haupteigenschaften und Farbenreaktionen des Wurzelfarbstoffes sind der Alkanna sehr ähnlich und es ist daher nach Perkin entweder derselbe oder ein eng verwandter Farbstoff darin enthalten.

29. **Ventilago maderaspatana Gärtn.** ist ein großer, zu den Rhamnaceen gehörender Kletterstrauch, der in West- und Südindien, sowie in Ceylon und Birma sehr verbreitet ist und eine Wurzelrinde liefert, die in Südindien ein geschätztes Farbmaterial darstellt. Sie wird in Mysore in großen Mengen gesammelt und nach anderen Distrikten Indiens exportiert. Die Jahresproduktion soll 1—3 Tonnen betragen.

Die Ventilago-Wurzelrinde kommt in Form dunkler, braunroter Splitter, Bänder oder Fasern in den Handel, in den verschiedenen Distrikten unter verschiedenen Bezeichnungen: »Pitti« in Hindu, »Raktapita« in Bengalen, »Pappilichakka« oder »Suralpatti« in Tamil, »Lokandi«, »Kanwait« in Bombay usw.

A. G. Perkin und Hummel (35) haben durch Extraktion der Wurzelrinde mit kaltem Schwefelkohlenstoff und nachfolgende ziemlich umständliche und sehr schwierige Trennung 5 kristallisierte Substanzen, die aber keine Farbstoffe darstellen, ferner ein rotes, den eigentlichen färbenden Bestandteil bildendes Harz (Ventilagin $C_{15}H_{14}O_6$), alles Anthrachinonderivate, und daneben noch ein kristallisierendes Wachs isoliert.

1. Verbindung $C_{16}H_8O_8$, orangerotes, glänzendes, kristallinisches Pulver, Schmelzpunkt 275—280°, unlöslich in kochendem Alkohol, wenig in anderen organischen Lösungsmitteln, in Alkalien mit orangeroter Farbe löslich. Dürfte ein Derivat des α-Methylanthrachinons sein.

2. Verbindung $C_{16}H_{12}O_5$, lange, orangerote Nadeln vom Schmelzpunkt 200°; schwer löslich in Alkohol und Azeton, leichter in Benzol und Schwefelkohlenstoff, in Alkalien mit Purpurfarbe löslich, ist identisch mit Emodinmonomethyläther (Trioxy-α-Methylanthrachinonmonomethyläther).

3. Verbindung $C_{16}H_{14}O_4$, lange, farblose Nadeln, die sich bei 260° zersetzen. Fast unlöslich in Alkohol und Benzol, leichter löslich in Azeton und Eisessig, in Alkalien erst in der Wärme mit gelbbrauner Farbe löslich. Ist ein Trioxy-α-Methylanthranolmonomethyläther.

4. Verbindung $C_{14}H_{14}O_4$, hellgelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 173°, schwer löslich in Alkohol, leichter löslich in Benzol und Azeton. In Alkalien löst sich die Substanz mit gelbbrauner Farbe, die Lösung wird beim Stehen an der Luft rot. Ist ein isomerer Trioxy-αMethylanthranolmonomethyläther.

5. Verbindung $C_{17}H_{12}O_5$, schokoladebraunes, mikrokristallines Pulver, in verdünnten Alkalien mit gelber Farbe löslich; die Lösung scheidet beim Stehen an der Luft einen blauen amorphen Niederschlag ab.

6. Das Wachs $(C_9H_{16}O)_n$, mikroskopisch kleine, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 72°.

7. Der eigentliche Farbstoff: Ventilagin $C_{15}H_{14}O_6$, aus der rotvioletten alkalischen Lösung durch Säuren als kastanienbraunes Harz gefällt. Rötlichbraune, spröde, harzige Masse mit etwas Metallglanz, bei 100° erweichend, bei 110° schmelzend. Leicht löslich in Alkohol, Äther und Benzol, schwer löslich in Wasser, und Petroläther; in kaustischen und kohlensauren Alkalien mit purpurroter Farbe löslich.

Ventilagin ist ein Abkömmling des α-Methylanthrachinons und verwandt mit Alkannin $C_{15}H_{14}O_4$, von dem es sich vielleicht durch einen Mehrgehalt von zwei Hydroxylgruppen unterscheidet.

Färberische Eigenschaften: Da der Farbstoff in Wasser nur wenig löslich ist, so läßt man die Temperatur des die Wurzelrinde enthaltenden Bades erst auf 70—80° steigen, bis man mit dem Färben beginnt.

Auf Baumwolle werden erhalten: auf Tonerdebeize ein Purpurrot, blaustichiger als das mit Rotholz erzeugte, auf Eisen ein Grau bis Schwarz, auf Tonerde-Eisen ein braunes Purpur. Auf geölter, chromgebeizter Baumwolle wird ein schönes Bordeauxrot erzeugt.

Auf Wolle und Seide werden entsprechende Färbungen erzeugt, auf Zinnbeize ein Türkischrot.

Die mit Ventilago-Wurzelrinde hergestellten Färbungen unterscheiden sich wesentlich von den mit Alkanna erhaltenen, denn dieses gibt mit Tonerdebeize ein Blaugrau.

Die Wurzelrinde scheint ungefähr 8 bis 10 % Ventilagin zu enthalten. Die damit hergestellten Färbungen sind ziemlich lichtunecht, ähnlich wie die des Rotholzes, aber etwas seifenechter wie diese.

30. Karotinoide (Karotene) sind nach Tswett (36) gelbe Pigmente, die besonders in den Blättern neben Chlorophyll zu finden sind. Sie unterscheiden sich von den übrigen gelben Pigmenten der Pflanze durch ihren indifferenten Charakter; es sind Kohlenwasserstoffe oder Oxyde von solchen.

Xanthophyll wurde zuerst von Berzelius (37) durch Extraktion der herbstlich gelben Blätter mit Alkohol erhalten.

Auch grüne Blätter enthalten solche gelbe Substanzen, sie sind von den Botanikern oft unter dem Mikroskop in Kristallen beobachtet worden.

Mit Xanthophyll nahe verwandt, nach Willstätter und Mieg (38) mit ihm identisch, ist ein gut kristallisierender Kohlenwasserstoff, das Karotin, der Farbstoff der Mohrrübe.

Das mit dem Karotin isomere Lycopin kommt in der Tomate vor. Dem Xanthophyll sehr ähnlich ist das isomere Lutein und in den Braunalgen das Fucoxanthin.

Man kann diese in den Blättern vorkommenden Pigmente unter dem Namen Karotinoide zusammenfassen, weil sich alle als Kohlenwasserstoffe der gleichen Kohlenstoffzahl erwiesen haben.

Karotin und Lycopin haben die Formel $C_{40}H_{56}$.

Lutein und Xanthophyll sind $C_{40}H_{56}O_2$, Fucoxanthin $C_{40}H_{54}O_6$.

Der zugrunde liegende Kohlenwasserstoff ist noch nicht festgestellt, jedoch müssen mehrere hydroaromatische Ringe vorhanden sein.

Karotin $C_{40}H_{56}$ findet sich neben der dreifachen Menge Xanthophyll in den grünen Blättern, aus denen es bei der Gewinnung des Chlorophylls nach Willstätter (Entmischungsverfahren) erhalten wird.

Bequemer kann man ihn erhalten, indem man Chlorophyll in ätherischer Lösung verseift, wobei dieses ausfällt und die indifferenten Karotinoide gelöst bleiben [Willstätter und Stoll (39)].

Am einfachsten ist die Darstellung aus Mohrrüben (*Daucus carota* L.) durch Extraktion mit Petroläther und mehrmalige Umkristallisation. Karotin kristallisiert in Rhomben oder Täfelchen von lebhaftem kupfrigem oder blauem Oberflächenglanz unter roter Durchsicht. Schmelzpunkt 174°. Gut löslich in Schwefelkohlenstoff, Chloroform und Benzol, schwerer in Petroläther, Azeton und Äther, fast unlöslich in Alkohol. Die Lösungen sind gelb bis orange, nur in Schwefelkohlenstoff rot.

Xanthophyll $C_{40}H_{56}O_2$. Wird nach Willstätter und Stoll (40, S. 240) am bequemsten dargestellt, indem man den ätherischen Lösungen den Blattfarbstoff, das Chlorophyll, durch alkoholisches Kali

entzieht und das Xanthophyll mit Petroläther fällt. Nach dem Umkristallisieren erhält man pleochromatische, längliche Täfelchen vom Schmelzpunkt 173—174°, die starken, oft stahlblauen Glanz zeigen; in der Durchsicht sind sie gelb, nur in dicker Schicht rot. In Lösung ähnelt die Farbe sehr der der Karotinlösungen.

Über die Konstitution des Xanthophylls ist näheres nicht bekannt, der Sauerstoff scheint weder als Carboxyl, noch als Carbonyl oder Alkohol vorhanden zu sein; wahrscheinlich als Äthersauerstoffatome.

Spektroskopisch sind Karotin und Xanthophyll sich sehr ähnlich, wenigstens in alkoholischer Lösung; beide geben zwei Bänder im Blau und Indigoblau, die beim Xanthophyll nur etwas nach Violett verschoben sind. In Schwefelkohlenstoff zeigen beide ein Band im Blau und im Grün. Xanthophyll jedoch noch ein drittes im Indigoblau.

31. **Katechu** s. Gerbstoffe: Katechu und Gambir.

32. **Cyanomaklurin** $C_{15}H_{12}O_6$, farblose Prismen ohne scharfen Schmelzpunkt, kommt im Jackholz (Nr. 102) vor und besitzt große Ähnlichkeit mit Katechin.

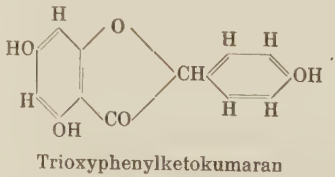
33. **Kino** s. Gerbstoffe: Kino.

34. **Färberginster,** Ginster, Dyer's broom, Dyer's greenweed; Genet, Genestrole, Trentanel, von Europa bis zum Baikalsee. Blüten (und Blätter) von *Genista tinctoria* L. (Leguminose), zum Gelbfärben benutzt. Bevor Querzitron und Gelbholz in unseren Färbereien eingeführt worden waren, wurde häufig mit Färberginster gelb gefärbt. Heute wird er nur noch lokal benutzt.

Der Färberginster ist eine auf trockenen Wiesen, auf sonnigen, kahlen oder licht bewaldeten Hügeln häufig vorkommende, fast über ganz Europa und über das gemäßigte Asien verbreitete, strauchartige Pflanze. Diese gelbblütige Papilionate treibt bei uns jährlich Stengel, die eine Höhe von 0,3—1 m erreichen. Die Jahrestriebe sind aufrecht, rutenförmig, die Stengel stielrund, fein gerieft, 1—3 mm dick, stachellos, kahl, nur an den oberen Enden etwas angedrückt flaumig. Die wechselständigen Blätter sind lanzettlich oder länglich eiförmig, ungestielt, mit pfriemenförmigen, deutlich erst durch die Lupe erkennbaren Nebenblättern versehen. Das nur am Rande etwas behaarte Blatt läßt außer dem Hauptnerv nur wenige (2—3) Sekundärnerven erkennen, die am oberen Blattende anastomosierend sich verzweigen. Die Länge des Blattes beträgt 2,5—4 cm, die Breite 4—7 mm. Beim Trocknen schrumpft es nur wenig, verliert aber seinen lebhaften Glanz und gewöhnlich auch die grüne Farbe.

In einigen Gegenden, z. B. im Banat, wird auch *G. ovata* W. et K. im kleinen als Färberkraut angewandt, in England auch *G. anglica* L. Außerdem werden noch *Genista monosperma* Lam. (= *Retama monosperma* Boiss.), in Spanien einheimisch, die südfranzösische *Genista purgans* L. (= *Cystisus purgans* Benth.) und *Genista sagittalis* L. als Farbpflanzen genannt.

Der Färberginster kann im trockenen Zustande ebenso gut wie im frischen zum Gelbfärben benutzt werden. Er färbt minder stark und weniger schön als Färberscharte *Serratula tinctoria* L. (Composite) (Nr. 157) und Wau (Nr. 77) und wird nur zum Färben gröberer Garne und Zeuge verwandt. Für die Erzeugung von Schüttgelb scheint der Ginster wohl überall durch den Wau verdrängt worden zu sein, der wieder durch die Querzitronrinde abgelöst wurde. Der Färberginster enthält in seinen Blüten zwei Farbstoffe, von denen der eine, das Luteolin identisch ist mit dem Farbstoff des Wau (Nr. 77). Der andere, das Genistein $C_{14}H_{10}O_5$, kristallisiert in langen, farblosen Nadeln vom Schmelzpunkt 291—293° und ist in Alkalien mit hellgelber Farbe löslich. Es wird bei der Reinigung des Luteolins in beträchtlicher Menge gewonnen und ist nach Perkin und Horsfall wahrscheinlich:



Trioxyphenylketokumaran

Genistein ist ein schwacher Farbstoff, der auf Wolle mit Chrombeize ein helles Grüngelb, mit Aluminiumbeize ein sehr helles Gelb und auf Eisenbeize ein Schokoladebraun gibt.

Färberische Eigenschaften: Erinnert sehr an Wau, dessen Färbekraft

stärker ist. Der einzige bemerkenswerte Unterschied ist die Färbung auf Eisenbeize, die mit Ginster stumpfer und gelblich-grauer ausfällt.

35—63. Anthocyan-Farbstoffe. Unter Anthocyanen versteht man die roten, violetten und blauen Farbstoffe vornehmlich der Früchte, die nach ihrem ganzen Verhalten nahe verwandt sind. Ursprünglich hatte Marquart (41) unter Anthocyan nur den Blütenfarbstoff verstanden, den er in allen Pflanzen für gleich hielt; später, als man geringe Unterschiede in der Farbnuance feststellte, wurde der Name den Botanikern zu einem Sammelnamen. Das Gemeinsame war vor allem, daß es sich um alkohollösliche, regelrechte Indikatoren handelte, die in saurer Lösung rot waren, während Alkali einen Farbenumschlag in blau oder grünblau bewirkte. Die neutrale Lösung zeigte meist eine violette Zwischenfarbe, die aber wenig haltbar war. Willstätter und seine Mitarbeiter haben nun in den Jahren 1913 bis 1916 den Zusammenhang dieser Substanzen chemisch exakt aufgeklärt [Willstätter und: Everest, Volan, Mallison, Bolton, Mieg, Zollinger, Martin, Burdick, Weil (42)].

Schon vor Jahrzehnten waren die lange bekannten phenolischen Eigenschaften der Anthocyane zu ihrer Trennung von Begleitstoffen und von ihresgleichen herangezogen worden, vor allem die Fällung mit Bleiazetat, die aber zu wenig spezifisch ist, um eine Reindarstellung zu ermöglichen. Zwei Gründe haben hauptsächlich die chemische Aufklärung hintangehalten. Zunächst der geringe Farbstoffgehalt der leichten Blütenblätter, der auf frisches Material berechnet, im günstigsten Falle einige Prozent betrug, aber auch unter 1% sinken konnte, und dann die scheinbar außerordentlich große Zersetzlichkeit der Substanzen. Erst Willstätter ging dazu über, getrocknete Blüten zu verarbeiten, ermutigt durch die schönen Erfolge, die er vorher mit getrocknetem Blattmaterial bei der Aufklärung des Chlorophylls gehabt hatte. Er fand, daß vorsichtig getrocknete Blüten vielfach über die Hälfte der Farbstoffmenge der frischen Blüten enthielten.

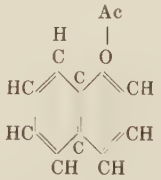
Der Gehalt an Anthocyan ist bei verschiedenen Blumen sehr verschieden und beträgt in Prozenten der getrockneten Blütenblätter: Zyanin in der blauen Kornblume 0,7 — davon ein Drittel als farblose Pseudobase —, in der bordeauxfarbigen Kornblume 13—14, in der Rose 2, in der dunkelroten Gartendahlie (Kaktusdahlie) 20, Pelargonin in der Scharlachpelargonie 6—14, Malvin in der wilden Malve 6, Violanin im schwarzvioletten Gartenstiefmütterchen 33. In den kultivierten Gartenblumen finden wir also am meisten Anthocyan aufgespeichert.

Später zeigte es sich allerdings, daß frisches Material leichter reine Produkte ergab, und auch die zweite Schwierigkeit, die scheinbar leichte Zerstörbarkeit, wurde überwunden. Es zeigte sich nämlich, daß es sich nur um die Umwandlung der Farbbase in eine farblose Pseudobase handelte, daß aber im übrigen der ganze Atomkomplex des Farbstoffes durchaus beständig war, wenn man nur in saurer Lösung arbeitete, wobei man sogar den Farbstoff in gut ausgebildeten Kristallen erhalten konnte. Schon der Botaniker H. Molisch hatte bei mikroskopischen Präparaten in Blütenblättern und beim Verdunsten alkoholischer Extrakte von solchen Anthocyankristalle beobachtet. Er stellte fest, daß in zahlreichen Blüten und roten Blättern das Anthocyan nicht nur im Zellsaft gelöst vorkam, sondern auch in fester Form ausgeschieden war als gelegentlich wenigstens kristallinische Ballen. Molisch konnte auch schon bei einigen Blüten, so bei der Rose, solche Kristalle außerhalb der Pflanze erzeugen, durch Extrahieren mit Essigsäure, aber nur in mikroskopischem Maßstabe. Grafe versuchte das Anthocyan in größeren Mengen herzustellen, jedoch gelang die Trennung von beigemengten Polysacchariden nicht [Molisch (43)].

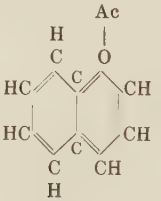
Willstätter suchte die Farbstoffe in der Form zu fassen, in der sie in der Natur vorliegen, unter Vermeidung des Farbenumschlages durch Hydrolyse. Als er die erhaltenen Alkaliverbindungen mit Salzsäure behandelte, erhielt er die Chlorhydrate der Farbstoffe, die ausgezeichnete Kristallisations- und Löslichkeitsverhältnisse zeigen. Das Grundprinzip der Isolierung war immer: Extraktion in saurer Lösung (Methylalkohol + 2%ige Salzsäure oder mit Eisessig allein) und Fällen der

Oxonium-Salze (Chlorhydrate, Azetate ev. Pikrate) mit Äther.

R. Willstätter erkannte, daß die Anthocyane den gelben Flavonfarbstoffen (Nr. 68—80) nahe verwandt sind und als Salze organischer Säuren mit stickstofffreien organischen Basen aufzufassen sind, die auf den Grundtypus der Benzopyryliumsalze von Decker und v. Fellenberg (44),



modifiziert von Perkin (45),



zurückgeführt werden, von dem sie sich durch Eintritt von Hydroxyl- und Phenylgruppen ableiten.

In Form ihrer Oxoniumsalze lassen sich die Anthocyane viel besser aus den Blüten isolieren, als dies früher nach der Bleisalzmethode gelungen war.

Außer in den scharlachroten bis violettroten Säuresalzen existieren die Anthocyane noch in 2 anderen farbigen Formen, nämlich der violetten Neutralform, die Willstätter als Phenolbetaïn auffaßt, und in der blauen Form, die durch Absättigung freier Phenolhydroxyle der Neutralform mit Basen zustandekommt. So ist die wechselnde Azidität oder Alkalität des Zellsaftes für die Blütenfarben-Variation ebenso maßgebend wie die konstitutiven Unterschiede der Haupttypen durch die Anzahl der Phenolhydroxyle.

Auch in Form einer farblosen Pseudobase von Karbinolcharakter können die Anthocyane in den Blüten vorhanden sein. Die Pseudobase, die violette und die blaue Form liefern mit Mineralsäuren wieder das rote Farbsalz.

Die Pflanzenart ist für das Anthocyan nicht bestimmend, es kommen in derselben Pflanze auch Mischungen vor, und helle Varietäten einer Blume können einem anderen Anthocyan ihre Farbe verdanken als dunkle (scharlachrote und dunkelrote Gartendahlie). Eine weitere Variation kann die Blütenfarbe erfahren durch das Hinzutreten gelber Pigmente, von denen im Pflanzenreich 3 Gruppen zu unterscheiden sind: a) Die unter Nr. 30 behandelten indifferenten Karotinoide, das benzinlösliche Karotin und das alkohollösliche, sauerstoffhaltige Xanthophyll, b) die mit Zucker gepaarten Flavonfarbstoffe und c) die noch nicht näher untersuchten, im Zellsaft gelösten Farbstoffe, die von den Botanikern als Anthochlor bezeichnet werden und zum Teil große Ähnlichkeit mit den Anthocyanen besitzen. Diese letzteren umfassen bis jetzt nur das Farbgebiet von Scharlachrot bis Blau. Es ist aber möglich, daß z. B. im Mohn, in der orangefarbigen Dahlie usw. noch orangefarbige Anthocyane (der Anthochlorgruppe) vorkommen, die auf einfachere hydroxylärmere Glieder der Anthocyanklasse zurückgeführt werden können.

Am bequemsten ist die Darstellung derjenigen Anthocyane, die aus den Blüten veredelter Blumensorten isoliert werden konnten. In vielen Fällen zeigt es sich nämlich, daß die Veredelung eine ganz unerwartet starke Anreicherung des Farbstoffgehaltes bedeutet. Während die Feldkornblume nur 0,7 % Cyanin enthält, ist der Gehalt der veredelten dunkelbraunroten Sorte 14 %, also 20 mal höher. Die dunkelrote Gartendahlie enthält sogar 20 %. Das tiefgelbe veredelte Gartenstiefmütterchen enthält 23 % Violaquercitrin, die tiefblauviolette, samtartige Sorte enthält 33 % Violanin. Derartig veredelte Sorten sind das geeignetste Material zur Gewinnung der eigentlichen Farbkomponenten, die hier noch als Glukoside vorliegen. Dunkelroter, gefüllter Mohn gibt 18 % Mekocyanin.

Die verschiedenen Anthocyane sind einander sehr ähnlich. Ihr Name wurde so gebildet, daß an den lateinischen Namen der Pflanze die Endung «in» angehängt wurde. Nicht nur Blüten, blaue, rote und violette lieferten sie, auch Früchte enthielten sie. Den ganzen Anthocyanen war die Eigenschaft gemeinsam,

ein Indikator zu sein: in saurer Lösung gelbrot, rot oder blaustichig rot, in alkalischer blau oder violett, in neutraler violett. Die saure Lösung zeigt ein fast übereinstimmendes Absorptionsspektrum, ein breites Band, das gegen Violett allmählich verflachend, das ganze Blau und einen Teil des Grünen zu umfassen pflegt und bei den einzelnen Farbstoffen nur wenig verschoben ist. Ein scharf ausgeprägter Unterschied ist die Größe der molekularen Drehung. Es handelt sich teilweise um sehr hohe Werte (200 bis 1400°), die allerdings bei diesen stark gefärbten Körpern auch große Rotationsdispersion zeigten.

In den Anthocyanen sind die eigentlichen Farbstoffkomponenten, die Anthocyanidine, an Zuckerarten gebunden; meist sind es Mono- und Diglukoside des Traubenzuckers, bei Beerenfarbstoffen wurde auch Milchzucker beobachtet. Ferner treten auch gemischte Diglukoside der Glukose und Rhamnose auf, z. B. bei den Farbstoffen der Kirsche, der Schlehe und des blauschwarzen Stiefmütterchens.

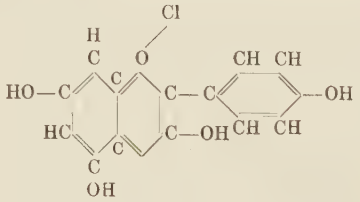
Durch kurzes Kochen mit 20%iger Salzsäure erhält man aus den Anthocyanen unter Abspaltung des gelöst bleibenden Zuckers das Chlorhydrat des Anthocyanidins meist sofort als kristallinische Abscheidung. Dabei wird gewöhnlich der ganze Zucker abgespalten.

Die Zusammensetzung der Anthocyane ist im allgemeinen die bei Glukosiden normale, d. h. die Verbindung von Anthocyanidin mit einem bzw. zwei Zuckermolekülen hat unter Austritt von einem bzw. zwei Mol. Wasser stattgefunden.

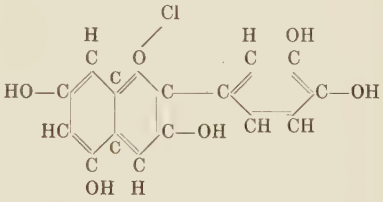
Konstitution der Anthocyanidine. Wir zählen heute neben einigen noch unvollständig studierten 21 gut untersuchte Anthocyane.

Ihre Verschiedenheit beruht zum Teil auf der verschiedenen Natur oder Stellung der Zuckerreste. Denn nach deren Hydrolyse erkennt man, daß acht Anthocyanidine zugrunde liegen, von denen sich mehrere nur durch den Grad der Methylierung und die Stellung der Methylgruppe voneinander unterscheiden. Als Grundtypen bleiben nach Abspaltung der Methylgruppe drei Stammsubstanzen der ganzen Gruppe übrig: Pelargonidin, Cyanidin und Delphinidin:

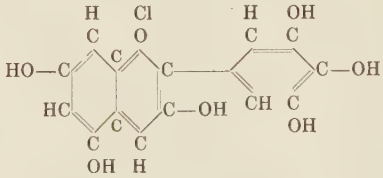
a) Pelargonidinchlorid (Tetraoxy-Flavyliumchlorid) [scharlachrot] $C_{15}H_{12}O_5Cl$



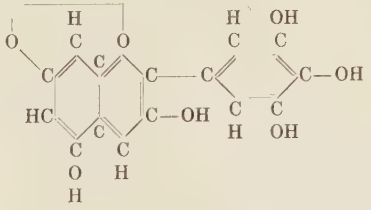
b) Cyanidinchlorid $C_{15}H_{11}O_6Cl$ (Pentaoxy-Flavyliumchlorid)



c) Delphinidinchlorid (Hexaoxy-Flavyliumchlorid) rotviolett $C_{15}H_{11}O_7Cl$

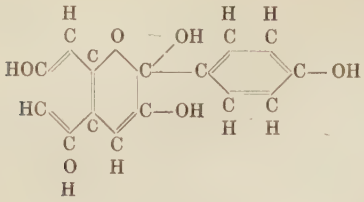


die als rote Oxoniumsalze, in der violetten Neutralform:



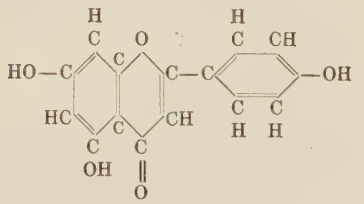
(wobei die innere Salzbildung hier natürlich auch von einem Hydroxyl des Pyrogallolrestes ausgehen könnte) Delphinidin in der Neutralform (violett) oder in deren blauen Alkalisalzen den Schmuck der Blüten bilden.

Für die farblosen Pseudobasen diene als Beispiel: Pelargonidin-Pseudobase:

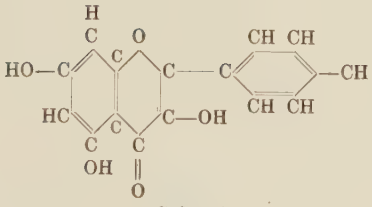


Hier ist die o-Stellung des Karbinolhydroxyls zum Brückensauerstoff sehr wahrscheinlich, obwohl Willstätter und Mallison (46) auch eine Wanderung des Hydroxyls in die Parastellung für erwägenswert halten.

Die Zusammensetzung der Neutralformen ist $C_{15}H_{10}O_5$, $C_{15}H_{10}O_6$, $C_{15}H_{10}O_7$. Sie sind also nur durch den Sauerstoffgehalt voneinander unterschieden und isomer mit den gelben Pflanzenfarbstoffen vom Flavon- und Flavonoltypus, und zwar ist Pelargonidin isomer mit

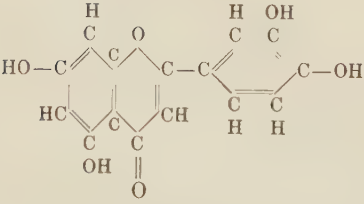


Apigenin
und

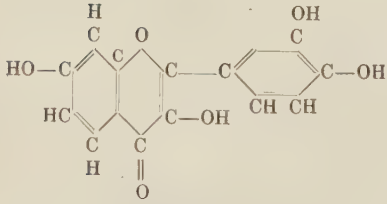


Galangin

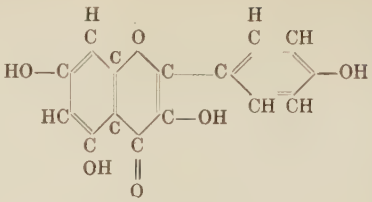
Zyanidin mit



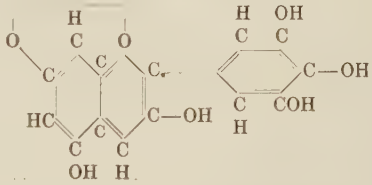
Luteolni



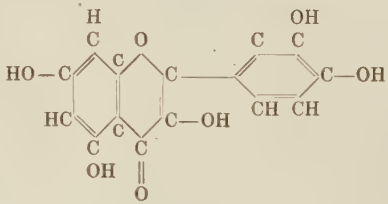
Fisetin
und



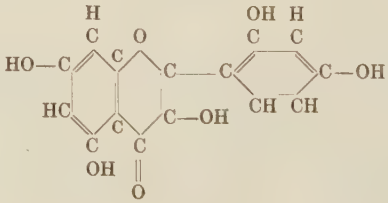
Kämpferol



Delphinidin (in der Neutralform)
mit



Querzetin
und



Morin

Einen Beitrag zu den Beziehungen zwischen gelben Pflanzenfarbstoffen und Anthocyanen hat auch R. Combes (47) geliefert. Der in den grünen Blättern des wilden Weines (*Ampelopsis hederacea* D. C.) enthaltene gelbbraune Farbstoff kann durch Reduktion in den roten Farbstoff der Herbstblätter verwandelt werden. Umgekehrt konnte er den roten Farbstoff durch Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd in den gelben Farbstoff überführen.

Verteilungszahl. Der Hauptunterschied der Anthocyane und Anthocyanidine besteht in der Löslichkeit der letzteren in Amylalkohol, während ihre Glukoside, besonders die Diglukoside, beim Ausschütteln ihrer verdünnten salzsauren Lösung an Amylalkohol nur wenig abgeben (1—2 %). Mono- und Diglukoside, die Rhamnose enthalten, gehen zu

6—11 % in den Amylalkohol, sodaß diese Verteilungszahlen zur Charakterisierung der Anthocyane und zur Prüfung auf Gegenwart von Anthocyanidinen in Anthocyanen herangezogen werden können.

I. Pelargonidinchloride:

35. Callistephinchlorid (48) $C_{21}H_{21}O_{10}Cl$, enthält 1 Mol. Glukose, in der purpurroten Aster, *Callistephus chinensis* Nees. syn., Sommeraster, *Aster chinensis* L.

36. Pelargoneninchlorid (49) $C_{21}H_{21}O_{10}Cl$, enthält 1 Mol. Glukose, entsteht durch partielle Hydrolyse aus Pelargonin.

37. Pelargoninchlorid (50) $C_{27}H_{31}O_{15}Cl$, enthält 2 Mol. Glukose, in der Scharlachpelargonie, *Pelargonium zonale*, dunkelrote Kornblume.

38. Salvianinchlorid (51), Formel fraglich, enthält 2 Mol. Glukose und Malonsäure, in Salbei, *Salvia coccinea* L., *Salvia splendens* Sello, scharlachrote Salvie.

39. Salvinchlorid (52) $C_{27}H_{27}O_{13}Cl$ (?) enthält 2 Mol. Glukose, ist Kunstprodukt aus Salvianin.

40. Salvininchlorid (53) $C_{27}H_{31}O_{15}Cl$, enthält 2 Mol. Glukose, ist Kunstprodukt aus Salvianin.

II. Cyanidinchloride:

41. Asterinchlorid (54) $C_{21}H_{21}O_{11}Cl$, enthält 1 Mol. Glukose, in der Sommeraster, *Aster chinensis* L.

42. Chrysantheminchlorid (55) $C_{21}H_{21}O_{11}Cl$, enthält 1 Mol. Glukose, in der Winteraster, *Chrysanthemum indicum* L.

Auch aus Mekocyaninchlorid durch partielle Hydrolyse.

43. Idaeinchlorid (56) $C_{21}H_{21}O_{11}Cl$, enthält 1 Mol. Galaktose, in der Preißelbeere *Vaccinium vitis idaea* L.

44. Cyaninchlorid (57) $C_{27}H_{31}O_{16}Cl$, enthält 2 Mol. Glukose, in der Feldkornblume, *Centaurea cyanus*, Rose, Johannisbeere (?), *Ribes rubrum* L., Gartendahlie.

45. Mekocyaninchlorid (58) $C_{27}H_{31}O_{16}Cl$, enthält 2 Mol. Glukose, im gefüllten Ranunkelmohn, Varietät von *Papaver rhoeas* L.

46. Keracyaninchlorid (59) $C_{27}H_{31}O_{15}Cl$, enthält 1 Mol. Glukose und 1 Mol. Rhamnose, in der Süßkirsche, *Prunus avium* L.

47. Prunicyaninchlorid (60) $C_{27}H_{31}O_{15}Cl$, enthält 1 Mol. Hexose und 1 Mol. Rhamnose, im Schlehdorn, *Prunus spinosa* L.

48. Päonidinchlorid = Monomethyl-Cyanidinchlorid $C_{16}H_{13}O_6Cl$, in der Päonie.

49. Päoninchlorid (61) $C_{28}H_{33}O_{16}Cl$, aus Päonidinchlorid (Nr. 48) und 2 Mol. Glukose, in der Päonie.

III. Delphinidinchoride:

50. Violaninchlorid (62) $C_{27}H_{29}O_{15}Cl$ (?), enthält 1 Mol. Glukose und 1 Mol. Rhamnose. $C_{27}H_{31}O_{16}Cl$ (?) im blauschwarzen Gartenstiefmütterchen *Viola tricolor*.

51. Delphininchlorid (63) $C_{41}H_{39}O_{21}Cl$, enthält 2 Mol. Glukose und 2 Mol. p-Oxybenzoesäure, im Rittersporn, *Delphinium consolida* L.

52. Ampelopsidinchlorid = Monomethyl-Delphidinchlorid $C_{16}H_{13}O_7Cl$.

53. Ampelopsinchlorid (64) $C_{22}H_{23}O_{12}Cl$, aus Ampelosidinchlorid und 1 Mol. Glukose, im wilden Wein, *Ampelopsis quinquefolia* Michx.

54. Myrtillidinchlorid = Monomethyl-Delphinidinchlorid $C_{16}H_{13}O_7Cl$.

55. Myrtillinchlorid (65) $C_{22}H_{23}O_{12}Cl$, aus Myrtillidinchlorid und 1 Mol. Galaktose, in der Heidelbeere, *Vaccinium myrtillus* L.

56. Althaeinchlorid (66) $C_{22}H_{23}O_{12}Cl$ aus Myrtillidinchlorid und 1 Mol. Glukose (?), in der schwarzen Malve, Pappelrose, Stockrose *Althaea rosea* Cav., *Malva arborea*, gezüchtet in Deutschland, Südosteuropa und Ungarn, zu 11 % enthalten. Große, bronzeglänzende, in Wasser mit violetter Farbe leicht, in Alkohol violettrot, in Alkali blau und in Säure mit roter Farbe schwer lösliche Prismen. Dient zum Färben des Weines.

Zu Nr. 56: **Malvenblüten.** Die Blüten der in Griechenland und Kleinasien wildwachsenden, bei uns in Gärten häufig gezogenen Stock- oder Pappelrose *Althaea rosea* Cav., werden zum Färben, namentlich von Weinen und anderen Genuß-

mitteln verwandt. Die Pflanze wird zu diesem Zwecke in einigen Gegenden Deutschlands und in Ungarn eigens angebaut. Mittelfranken hat eine jährliche Ausfuhr bis 50 000 kg; der Versand erfolgt hauptsächlich nach Frankreich, England und der Türkei [R. Glan (67)]. In Griechenland sollen nach Heldreich auch die Blüten wildwachsender Pflanzen gesammelt werden.

Zur Erzielung verkäuflicher Malvenblüten kultiviert man bloß die schwärzlich blühenden, halbgefüllten Spielarten.

Der Malvenfarbstoff, der in Alkohol und warmem Wasser sehr leicht löslich ist, gibt im allgemeinen die Reaktionen des Anthocyans. Der alkoholische Extrakt besitzt eine violettrote Farbe. Alkalien geben einen grünen Niederschlag und farbloses Filtrat. Wird die mit Alaun versetzte Lösung mit kohlensaurem Kalk geschüttelt, so tritt eine schön blaue Färbung auf; desgleichen bewirkt Kupfersulfat eine intensiv blaue Färbung der Lösung. Die spektroskopische Untersuchung zeigt eine einseitige Endabsorption, die mit zunehmender Konzentration von rechts nach links bis G fortschreitet.

57. Petunidinchlorid = Monomethyldelphinidinchlorid $C_{16}H_{13}O_7Cl$.

58. Petuninchlorid (68) $C_{28}H_{33}O_{17}Cl$, enthält 2 Mol. Glukose, in der *Petunia hybrida hort.*

59. Farbstoffe aus der Frucht von *Vitis riparia,* Michx. (*odoratissima* J. Don.) *Vitis riparia* — Anthocyanidinchlorid und sein Monoglukosid: *Vitis riparia* — Anthocyaninchlorid (69).

60. Malvidinchlorid = Dimethyl-Delphinidinchlorid $C_{17}H_{15}O_7Cl$.

61. Malvinchlorid (70) $C_{29}H_{35}O_{17}Cl$ aus Malvidinchlorid und 2 Mol. Glukose, in der wilden Malve, *Malva silvestris* L.

62. Oenidinchlorid = Dimethyl-Delphinidinchlorid $C_{17}H_{15}O_7Cl$.

63. Oeninchlorid (71) $C_{23}H_{25}O_{12}Cl$ aus Oenidinchlorid und 1 Mol. Glukose, in der Weintraube, *Vitis vinifera* L.

Variationen der Pflanzenfarben in Blüte und Frucht. Willstätter und Mallison (72) haben sich schließlich auch mit der Frage befaßt, in welcher Weise wohl die Pflanze ihre zahlreichen Farbnuancen hervorbringt. Die Ursachen können recht verschiedene sein. Zunächst kann bei Gegenwart ein und desselben Farbstoffes die Farbe grundverschieden sein je nach der Reaktion des Zellsaftes.

Cyanin ist in der Kornblume und in der Rose enthalten, einmal als blaue Kaliumverbindung, das andere Mal als rotes Oxoniumsalz gebunden an Pflanzensäuren. In der roten Preißel- und Johannisbeere zeigt schon der Geschmack die Gegenwart starker Säuren an; im Pelargonin konnte Weinsäure nachgewiesen werden. In violetten Blüten, wie z. B. im Rittersporn, ist die freie Farbbase vorhanden. Aber für ziemlich starke Nuancierung innerhalb derselben Pflanze genügt sogar schon eine Variation im Farbstoffgehalt. Bei der Kaktusdahlie z. B. enthalten die inneren bordeauxbraunen Blütenblätter fast 24 %, die äußeren, mehr bläulichroten nur 15 % Cyanin. Ferner können auch verschiedene Anthocyane in ein und derselben Pflanze vorkommen, so in einer violetten Pelargonie neben wenig Pelargonin hauptsächlich Cyanin. Eine dritte Möglichkeit besteht nach Willstätter und Zollinger (73) für die Pflanze die Farbe desselben Farbstoffes zu variieren durch die Gegenwart von Substanzen, die mit dem Anthocyan stärker gefärbte Verbindungen eingehen. Die blauschwarzen Farbtöne der Schale der Weintraube oder Schlehe sind durch eine Kombination mit Tannin zu erklären. Vielleicht kommt noch eine Kombination mit Metall-(bes. Eisen-)Salzen hinzu.

Man hat ja solche kombinierte Eisen-Tannin-Lacke auch als Beizenfarbstoffe der Anthocyanreihe auszunutzen versucht, indem man das Malvin zum Färben benutzte, allerdings waren die erzeugten Färbungen nicht seifenecht.

Eine letzte Möglichkeit ist schließlich die Kombination mit den zahlreichen gelben Farbstoffen, den Karotinoiden, den Flavonen und den noch unbekannten, von den Botanikern als Anthochlor bezeichneten Farbstoffen. In orangefarbenen Rosen ist neben Cyanin noch Karotin enthalten; letzteres kann für sich allein schon rote Farbe erzeugen, z. B. in der Tomate. In den orangeroten Dahlien ist neben Pelargonin noch ein unbekannter gelber Farbstoff enthalten. Die Gegenwart von Flavonen verrät sich beim Alkalisch-

machen des sauren Blütenauszuges, der dann die Mischfarbe Grün zeigt. Allerdings muß die Gegenwart von Pseudobasen der Anthocyane ausgeschlossen sein, die auch mit Alkali Gelbfärbung ergeben.

Färberische Eigenschaften. Vor mehr als 50 Jahren hat man das Anthocyan der Stockrose oder schwarzen Malve (*Althaea rosea* Cav.), also ein Oxoniumsalz, in Deutschland, namentlich in Bayern viel zum Färben und Drucken benutzt. Die Anthocyanidine ziehen auf Beizen, liefern aber nur satte, stumpfe Töne.

Ungebeizte Wolle wird durch Pelargonidin nicht, durch Cyanidin hellrosa und durch Delphinidin violett angefärbt.

Auf zinngebeizter Wolle erhält man mit Pelargonidin purpurrote, mit Cyanidin blauviolette, mit Delphinidin violettstichigblaue, mit Myrtillidin violettblaue und mit Oenidin blauviolette Töne. Auf tannierter Baumwolle erzeugt Pelargonidin blaustichigrote, Zyanidin violette, Delphinidin blauviolette, Myrtillidin und Oenidin violette Töne.

64. Karajura, Karajuru, Krajuru, Kurukuru und

65. Chika, Chikarot, Zika, Carneru oder Vermeillon (Vermillon) americanum sind seltene rote Pigmente, die von den Indianern Zentralamerikas bereitet werden, einander sehr ähnlich sehen und vielleicht denselben Grundfarbstoff enthalten. Hauptsächlich werden die Blätter von *Arrabidaea chica* Bur. (= *Bignonia chica* Humb.), einer im nördlichen Südamerika (Venezuela) heimischen Bignoniacee, benutzt. Eine nahe verwandte Pflanze soll blaue Chika geben. Chikarot wird durch Auskochen (nach anderen durch Ansetzen der gestoßenen Blätter mit Wasser und nachfolgenden Gärungsprozeß) der Blätter gewonnen; die Gärung bzw. Fällung des Farbstoffes aus der Lösung soll mittels der Rinde eines »Arayane« genannten Baumes bewirkt werden. Die Ware kommt in 15—20 cm im Durchmesser haltenden, 7—10 cm hohen Kuchen oder Kugeln von ziegel- bis zinnoberroter Farbe, in Palmholzkästchen verpackt in den Handel, dient den Eingeborenen am Orinoko und Rio Meta (Brasilien) zum Bemalen des Körpers (wohl zum Schutz gegen Mückenstiche) und wird bei uns zuweilen zum Rot- und Gelbfärben von Baumwollgeweben benutzt. Die blutroten Kuchen kommen als Carneru oder Vermillon americanum in den Handel und enthalten nach Erdmann (74) Chikarot $C_8H_8O_3$, das mit Alkohol oder Äther aus der Rohware extrahiert wird; es ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkalien und Ammoniak und mit Fetten mischbar. Die alkoholische Lösung wird durch Säuren gelb, durch Eisensalze braun, durch Bleizucker fleischfarbig gefärbt; mit schwefliger Säure behandelt entwickelt sich Schwefelwasserstoff. In Alkalien ist es mit braunroter Farbe löslich. Gereinigt nimmt das amorphe Produkt beim Reiben goldgrünen Metallglanz an [T. F. Hanausek (75)]. »Carajura« gibt mit heißer verdünnter Salzsäure ein Farbstoffharz, das mit Benzol ausgekocht rubinrote Nadeln von Carajurin $C_{18}H_{16}O_5$, Schmelzpunkt 204—206°, liefert, das beim Kochen mit verdünnten Alkalien mit roter Farbe löslich ist und keine färbenden Eigenschaften besitzt. Mit Mineralsäuren gibt es Oxoniumsalze.

Der in Benzol unlösliche Anteil des alkoholischen Extraktes gibt Carajuron, ein scharlachrotes Pulver, das leicht käfergrünen Schimmer annimmt und starke färberische Eigenschaften besitzt. Es enthält mehr Sauerstoff als Carajurin.

66. Bignonia tecoma (tecomoides) — Tecomin.

Bignonia tecoma ist eine Bignoniacee, verwandt mit *Tecoma radicans* Juss. (*Bignonia radicans* L.). Über 9 m hoher, im September mit schönen gelben Blüten bedeckter Baum, der im Hochlande Minas (Brasilien) sehr verbreitet ist. Die Eingeborenen mischen die Abfälle und Sägespäne dieses Baumes mit gelöschtem Kalk, erhitzen die Masse mit Wasser und benutzen das Bad zum Färben von Baumwollkleidern. Ein Teig aus Sägespänen mit Kalk gemischt dient dazu, um hellgefärbtes Holz tiefbraun zu färben.

Durch Extraktion der Sägespäne mit 85%igem Alkohol und Essenzen erhält man den Farbstoff, das Tecomin, chromgelbe Kristalle mit Perlmutterglanz in Alkalien mit rosenroter Farbe löslich.

Die mit Alkohol extrahierten Sägespäne enthalten einen tiefbraunen Farbstoff, der

mit Alkalien entfernt werden kann und daraus beim Ansäuern als braunes amorphes Pulver niedergeschlagen wird.

67. Daphnetin.

Als Glukosid Daphnin in der Rinde von *Daphne alpina* L. und *Daphne mezereum* L., Seidelbast (Thymelacee), enthalten.

Der konzentrierte alkoholische Extrakt wird mit kochendem Wasser digeriert, filtriert und mit Bleiazetatlösung behandelt. Der Niederschlag wird abgesaugt und zum Filtrat basisches Bleisalz zugesetzt, die Bleiverbindung des Glukosids mit Schwefelwasserstoff zersetzt und die Lösung zur Trockne verdampft.

Daphnin, $C_{15}H_{16}O_9 \cdot 2\,H_2O$, Prismen vom Schmelzpunkt 200°, in Alkalien mit gelber Farbe löslich. Spaltet sich beim Kochen mit verdünnten Säuren in Daphnetin und Glukose:

$$C_{15}H_{16}O_9 + H_2O = C_9H_6O_4 + C_6H_{12}O_6.$$

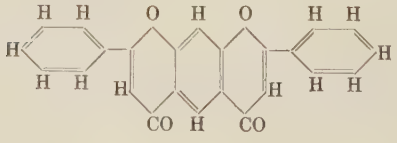
Daphnetin $C_9H_6O_4$, hellgelbe Nadeln = 3,4-Dioxykumarin, in Alkalien mit gelber Farbe löslich, gibt mit Bleiazetatlösung einen gelben Niederschlag.

Daphnetin ist ein gelber Farbstoff, der gebeizte Wolle ziemlich kräftig anfärbt, und zwar mit Chrombeize: olivgelb, mit Aluminium: blaß-olivgelb, mit Eisen: olivschwarz und mit Zinn blaßgelb.

68. Natürliche Flavone: Manche Varietäten der *Primula* enthalten in den Blütenstengeln, Blättern und Samenkapseln einen Staub (Mehl), vor allem die aus China und Japan, z. B. *P. pulverulenta* und *P. japonica*. Dieser Staub löst sich leicht in Benzol und kochendem Ligroin, und die konzentrierte Lösung wird halbfest beim Abkühlen infolge Abscheidung von Kristallbüscheln. Das so erhaltene Flavon $C_{15}H_{10}O_2$ schmilzt bei 99—100° und gibt beim Kochen mit verdünnter Natronlauge eine gelbe Lösung unter Bildung von Acetophenon.

Die Rolle des Flavons im Haushalt der Primula ist schwer zu erklären; vielleicht ist sein Verhalten gegen Wasser hierbei von großer Wichtigkeit.

69. Diflavon:



schwachgelbe Nadeln, Schmelzpunkt 277 bis 278°. Erinnert in seinen Haupteigenschaften an Flavon, seine schwachgelbe Lösung in Schwefelsäure zeigt schöne blaue Fluoreszenz.

Farbstoffe dieser Gruppe sind unbekannt.

70. Pappelknospen. $C_{15}H_{10}O_4$ Chrysin = 1,3-Dioxyflavon. Das Chrysin befindet sich in den mit einem gelben Harze versehenen Winterknospen verschiedener Pappelarten, wie z. B. *Populus pyramidalis* Salisb., *P. nigra* L. und besonders reichlich in der nordamerikanischen Art *P. monilifera*, Ait *s. balsamifera* L., der Balsampappel, deren frische Herbst- und Winterknospen gegen 1/4 % ihres Gewichtes reines Chrysin enthalten. Es wurde zuerst von Hallwachs (76) in den Pappelknospen nachgewiesen, die Feststellung seiner genauen Eigenschaften und der Formel verdanken wir Piccard (77).

Zur Gewinnung des Chrysins werden 100 Gewichtsteile frische Knospen mit Alkohol extrahiert, die Lösung bei 70° mit 12 Teilen Bleiazetat versetzt, der gelblichbraune, die Beimengungen enthaltende Niederschlag abfiltriert, das Filtrat mit Schwefelwasserstoff entbleit, der Alkohol abdestilliert und das zurückbleibende schwere, dickflüssige Harz durch mehrmaliges Umkristallisieren aus Alkohol gereinigt.

Man erhält so hellgelbe, dünne glänzende Kristalltafeln vom Schmelzpunkt 275°, die in feinen Nadeln sublimieren, In Wasser kaum löslich, wenig löslich in kaltem Alkohol, Äther und Benzin, leichter in heißem Alkohol und Eisessig.

Auf gebeizter Wolle erhält man nach Perkin (78) auf Chrombeize: ein schwaches Gelborange, auf Tonerdebeize: ein helles, schwaches Gelb, auf Eisenbeize: helles Schokoladebraun.

Gebeizte Baumwolle wird durch Chrysin nur sehr wenig gefärbt; man erhält auf Tonerde ein ganz blasses Schwefelgelb (Creamgelb), auf Eisen ein schwaches Kastanienbraun, Chrombeize wird gar nicht angefärbt.

Die Formeln der Flavonfarbstoffe, soweit sie nicht Glukoside oder Methyläther

sind, ähneln sich außerordentlich; sie enthalten alle 15 C, 10 H und 4—8 O. Wie bei den Anthocyanen wird auch hier durch den sauerstoffhaltigen Heterozyklus Wasser sehr fest, wohl in komplexer Bindung, festgehalten.

71. Petersilie.

Aus dem Kraute der Petersilie *Apium petroselinum* L. (*Petroselinum sativum* Hoffm.) wurde 1836 von Rump durch Auskochen mit Wasser eine Substanz gewonnen, der Braconnot, der sie wegen ihrer Neigung, zu gelatinieren, unter die »Pektinkörper« stellte, den Namen Apiin gab. Es ist das Glukosid $C_{26}H_{28}O_{14}$ des Apigenins $C_{15}H_{10}O_5$ (1,3,4'-Trioxyflavons).

Apiin kristallisiert in weißen Nadeln vom Schmelzpunkt 228°, löst sich in Alkalien mit hellgelber Farbe; Bleiessig gibt gelbe Fällung, Eisenchlorid braunrote, Ferrosulfat blutrote Färbung. Die Ausbeute an Apiin beträgt etwa 0,1 bis 0,2% des Krautes (im August).

Apigenin kristallisiert in fast farblosen Blättchen vom Schmelzpunkt 343° und löst sich in Alkalien mit gelber Farbe.

Apiin wird nach Vongerichten (79) mit $^1/_2$%iger Schwefelsäure in Apiose $C_5H_{10}O_5$ (eine Aldopentose-β-Oxymethylerythrose) und d-Glukose-Apigenin verwandelt:

$$C_{26}H_{28}O_{14} + H_2O = C_5H_{10}O_5 + C_6H_{11}O_6 \cdot C_{15}H_9O_4,$$

bei längerer Säureeinwirkung gibt dann Glukose-Apigenin Apigenin und Glukose:

$$C_6H_{11}O_6 \cdot C_{15}H_9O_4 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_{15}H_{10}O_5.$$

In den Blättern und Stengeln des Petersilienkrautes findet sich neben Apiin noch ein zweites Glukosid $C_{27}H_{30}O_{15}$ (Disaccharid eines Luteolinmethyläthers).

Apigenin färbt gebeizte Wolle etwas kräftiger als Chrysin.

Mit Chrombeize erhält man ein Gelb mit schwachem Orangeton, mit Tonerde ein reines Gelb, mit Eisen ein Schokoladebraun.

72. Chamomile-Blüten, Römische Kamillen, Flores Chamomillae romanae sind die Blüten von *Anthemis nobilis*, einer in Spanien, Frankreich und Deutschland mehrfach verwildert vorkommenden, in England (»Chamomile Flowers«) angebauten Komposite, die neben einem ätherischen Öl (Römisch Kamillenöl) ein Apigenin-Glukosid $C_{21}H_{20}O_{10} \cdot 2\,H_2O$ enthält, das in feinen, kleinen gelben Kristallen vom Schmelzpunkt 178—180° erhalten wird. Es löst sich in Alkalien mit gelber Farbe und gibt mit wässriger Eisenchloridlösung purpurrotbraune Färbung.

Beim Behandeln mit 5%iger wässriger Schwefelsäure liefert das Glukosid Apigenin und Dextrose:

$$C_{21}H_{20}O_{10} \cdot H_2O = C_{15}H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6.$$

73. Blätter der Robinia pseudacacia L., der falschen Akazie, Robinie, einer in Nordamerika von Pennsylvanien bis Carolina vorkommenden und als Nutzholz verwandten, in Europa kultivierten Leguminose. Die Blüten enthalten das Querzetinglukosid Robinin (Nr. 83), die Blätter und Rinde das Acacetin (Apigeninmonomethyläther $C_{16}H_{12}O_5$).

Behandelt man eine wässrige Abkochung der Blätter mit basischem Bleiazetat und zerlegt den hellgelben Niederschlag mit kochender verdünnter Schwefelsäure, so wird aus dem Filtrate vom Bleisulfat mit Äther das Acacetin in einer Rohausbeute von 0,14 % gewonnen. Nach dem Umkristallisieren aus Alkohol erhält man farblose Nadeln, die sich in Alkalien mit blaßgelber Farbe lösen; alkoholisches Bleiazetat erzeugt einen gelben Niederschlag. Der Körper hat nur wenig färbende Eigenschaften. Mit Schwefelsäure gibt Acacetin eine blaßgelbe Lösung, mit alkoholischen Eisenchlorid eine tief rotbraune Färbung.

74. Farbstoff des Puriri: Vitexin. *Vitex littoralis* (A. Cunn.) ist ein in Neuseeland wachsender, 12—18 m hoher, 0,9—1,5 m im Durchmesser besitzender Baum (Verbenacee), der das als »neuseeländisches Teak« bezeichnete Puririholz liefert. Dieses dunkelbraune, mäßig harte, in Australien benutzte Holz enthält zwei Farbstoffe als Glukoside, deren Spaltprodukte Vitexin und Homovitexin sind. Die Glukoside sind noch nicht rein erhalten worden.

Das fein zermahlene Puriri-Holz wird in Portionen von je 1 kg mit 10 Gewichtsteilen Wasser 8 Stunden lang ausgekocht; der beim Abdampfen der hellbraunen Abkochung verbleibende schwarze Sirup

wird mit Alkohol versetzt und die orangebraune Lösung nach dem Filtrieren eingekocht. In dem dunklen, orangefarbigen, durchsichtigen Harz befindet sich der Farbstoff als Glukosid. Man nimmt mit heißem Wasser auf, kocht mit Salzsäure und behandelt das nach dem Erkalten ausgeschiedene Harz mit Alkohol in der Wärme. Das reine Vitexin $C_{15}H_{14}O_7$ (= Dioxy-Apigenin) ist ein kanariengelbes, kristallinisches Pulver, kleine Prismen oder feine Nadeln, in Alkalien mit hellgelber Farbe löslich. Es ist ein schwacher Farbstoff, ähnlich dem Apigenin, färbt Chrom-, Aluminium- und Zinn-gebeizte Wolle grünlich gelb, hellgelb und hellbraun.

Homovitexin, infolge seiner großen Löslichkeit aus der alkoholischen Mutterlauge bei der Reinigung des Vitexins gewonnen, kristallisiert in schönen primelgelben Nadeln vom Schmelzpunkt 245—246°. Es ist zum Unterschied von Vitexin in kochendem Alkohol leicht löslich und färbt nur schwach.

Seine färbenden Eigenschaften verdankt das Puriri-Farbholz hauptsächlich dem Vitexin. Wegen der geringen Löslichkeit des Farbstoffes in Wasser ist die Farbkraft nicht bedeutend, die erzielten Färbungen sind aber sehr rein.

Vitexin gibt auf gebeiztem Kattun Färbungen, die den mittels Gentisin und Apigenin erzeugten sehr ähnlich sind.

Die mit dem Puriri-Holz erhaltenen Ausfärbungen können mit denen von Wau und Gelbholz verglichen werden.

Chrombeize gibt ein etwas grünstichiges Gelb, Tonerde ein ziemlich helles, stumpfes Gelb, Eisen ein stumpfes Braungrün und Zinn ein helles Zitronengelb.

Nach drei Monaten sind die Farben auf Chrom und Eisenbeize wenig vom Licht verändert, die auf Tonerde und Zinn ziemlich abgeblaßt.

75. Saponaria officinalis L., Seifenkraut, s. Saponine.

Altbekannte (Hippokrates, Galen) in Europa und Asien weit verbreitete, oft verwilderte Caryophyllacee. Wurzelstock (Seifenwurzel, Radix Saponariae rubrae) enthält das Glukosid Saponarin, das bei der Hydrolyse Glukose, Saponaretin und eine kleine Menge Vitexin liefert. Möglicherweise sind Saponaretin und Homovitexin (Nr. 74) identisch.

Die Epidermiszellen der Blätter gewisser blühender Pflanzen enthalten in ihrem Zellsaft gelöst eine Substanz, die durch Jod blau gefärbt wird. Wie bei der Stärke verschwindet die Farbe beim Erwärmen und erscheint nach dem Abkühlen wieder.

Dufour fand diese Substanz in etwa 20 Spezies von Phanerogamen auf [Bull. soc. vaud. Scienc. nat. 21, 227 (1885)]. Da diese Verbindung im Seifenkraut in verhältnismäßig reichlicher Menge vorkommt, ist sie von G. Barger (80) Saponarin genannt worden.

Zur Gewinnung wird das getrocknete Material mit dem 10—20fachen Gewicht Wasser während einer halben Stunde mehrfach ausgekocht, filtriert und mit Essigsäure angesäuert. Beim Stehen scheidet sich allmählich ein grauer Niederschlag aus, der durch Eintragen in eine kochende 1%ige Sodalösung mit gelber Farbe gelöst wird. Durch Zusatz von Bleiazetat werden Gummi und andere Verunreinigungen ausgefällt. Aus dem Filtrat scheidet sich allmählich Rohsaponin mit noch 30% Verunreinigungen aus. Die Reinigung gestaltet sich ziemlich schwierig. Saponarin, weiße Nadeln vom Schmelzpunkt 231—232° (236°) $C_{21}H_{24}O_{12}$, löst sich in Alkalien mit tiefgelber Farbe, in Mineralsäuren mit schön gelber Farbe. Die Lösung in Schwefelsäure zeigt blaue Fluoreszenz. Verseift man das Saponarin-Glukosid durch Kochen mit verdünnter Mineralsäure, so entsteht Saponaretin $C_{15}H_{14}O_7$ und Glukose:

$$C_{21}H_{24}O_{12} + H_2O = C_{15}H_{14}O_7 + C_6H_{12}O_6.$$

Saponaretin ist ein hellgelbes, amorphes Pulver, in Alkohol außerordentlich leicht löslich.

76. Farbstoff aus Lotus arabicus L. *Lotus arabicus* L. (Leguminose) ist ein kleines Kraut mit roten Blüten; es ist in Ägypten, Arabien und Nordafrika heimisch. Am Nil, oberhalb von Luxor sieht man überall seine grünen Felder. Die Araber nennen die Pflanze »Khuter« und benutzen sie als Viehfutter, aber nur, wenn die Samen völlig ausgereift sind. Die junge Pflanze enthält ein sehr starkes Gift.

Dustan und Henry (81) fanden als wirksame Bestandteile des Krautes der Pflanze ein Glukosid, das Lotusin $C_{28}H_{31}O_{16}N$ und ein Enzym Lotase, ersteres in Lotoflavin $C_{15}H_{10}O_6$ (isomer mit Luteolin und Fisetin), Blausäure und Dextrose, spaltbar.

Zur Gewinnung des Lotusins wird die getrocknete Pflanze mit Methylalkohol extrahiert, die Abkochung eingedunstet, mit Wasser von Chlorophyll und Harz befreit und dann zur Entfernung der Gerbstoffe, Gummi usw. mit Bleiazetat behandelt. Die wässrige Lösung hinterläßt nach dem Eindunsten einen sirupösen Rückstand, aus dem sich bei längerem Stehen gelbe Nadeln abscheiden. Aus 1 kg getrockneter Blätter werden etwa 25 g erhalten.

Nach dem Umkristallisieren erhält man Nadeln von bitterem Geschmack und unbestimmtem Schmelzpunkt. $C_{28}H_{31}O_{66}N$.

Beim Erwärmen mit verdünnter Salzsäure erfolgt Hydrolyse:

$$C_{28}H_{31}O_{16}N + 2\ H_2O = 2\ C_6H_{12}O_6 + C_{15}H_{10}O_6 + HCN.$$

Erwärmt man Lotusin mit 20%igem alkoholischem Kali, so entsteht Lotusinsäure:

$$C_{28}H_{31}O_{16}N + 2\,H_2O = C_{28}H_{32}O_{18} + NH_3.$$

Kocht man diese mit verdünnter Salzsäure, so bekommt man durch Hydrolyse: Lotoflavin, Dextrose und Heptoglukonsäure:

$$C_{28}H_{32}O_{18} + 2\,H_2O = C_{15}H_{10}O_6 + C_6H_{12}O_6 + C_7H_{14}O_8.$$

Lotoflavin $C_{15}H_{10}O_6$, gelbe Nadeln, in Alkalien mit gelber Farbe löslich, Schmelzpunkt oberhalb 200°, ist wahrscheinlich ein Tetraoxyflavon.

Die Hydrolyse des Glukosids Lotusin gibt Maltose und Lotoflavin:

$$C_{28}H_{31}O_{16}N + H_2O = C_{12}H_{22}O_{11} + C_{15}H_{10}O_6 + HCN.$$

77. Wau, Färberwau, Gelbkraut, Färberreseda, franz. gaude, réséda, engl. dyers weed, weld, wold; ital. guada; span. gualda, reseda.

Der Wau, *Reseda luteola* L., auch Färberreseda oder romanisches Kraut genannt, ist eine Resedaart, die in vielen Teilen Mitteleuropas wild wächst und früher in Deutschland, Frankreich und England angebaut wurde.

Die Pflanze wird im Juni gesät, und im Juli und August des folgenden Jahres wird die vollständig entwickelte Pflanze ausgerissen oder abgeschnitten und an der Luft getrocknet.

Alle Teile des Krautes, besonders aber die oberen blühenden Äste, enthalten einen Farbstoff Luteolin $C_{15}H_{10}O_6$ (= 1,3,3′,4′-Tetraoxyflavon), gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 328—330° (unter Zersetzung), der nur in Form einer Wauabkochung zur Verwendung kommt.

Ein flüssiger und ein trockener Wauextrakt (Weldextrakt) wird technisch dargestellt und bildet das Ausgangsmaterial für die Gewinnung des reinen Farbstoffes.

Der Wau wird nachweisbar seit der Römer Zeiten zum Gelbfärben benutzt. Das »Lutum« bei Plinius, Vergil und Vitruv ist unser Wau. Nach dem Cornu Copiae linguae lat. von Kirsch (Wien 1775), S. 1695 heißt der Wau auch Brustkraut, Stärkkraut, Strichkraut, lat. lutea, luteola, lutum, auch »unguis milvinus« (Geierkralle, Weihe-Kralle). Im südlichen und mittleren Europa wächst er wild, für die Zwecke der Färberei wird er angebaut.

Nach den Ursprungsländern werden folgende Handelssorten unterschieden:

Französischer Wau: beste Qualität von Cette, weniger gut aus der Umgegend von Paris, Hâvre, Rouen.

Englischer Wau: steht dem französischen Wau nach. Gebaut wird er in der Grafschaft Essex und nur selten exportiert.

Deutscher Wau: von wechselnder Güte, wird insbesondere in Thüringen, Sachsen, Bayern und Württemberg angebaut.

Die wilde Pflanze wird fast meterhoch, ist dickstengelig und stark grün. Der kultivierte Wau hingegen ist nur halb so groß oder kleiner und stark gelbgrün. Kleine, dünnstenglige, reich mit Blüten besetzte, stark ins Gelbe fallende Exemplare sind gesucht.

Die im Herbst gesäten Samen liefern im nächstkommenden Sommer Wau, den man während des Verblühens aus der Erde zieht. Die Wurzeln sind wertlos; wurzellose Ware ist deshalb besser.

Gute Ware darf nur aus vollkommen reifen blüten- und blätterreichen, gelblich-grünen Pflanzen bestehen.

Seit Einführung der Querzitronrinde hat die Verwendung des Wau wohl abgenommen, aber zum Färben der Seide und zur Darstellung von Schüttgelb (Nr. 162) wird er immerhin noch angewandt. Unter allen zum Gelbfärben benutzten Kräutern steht der Wau noch am meisten in Ansehen und findet noch die stärkste Verwendung. Die Anwendung als Farbmaterial verdankt der Wau dem Umstande, daß beim Zusammenbringen einer Wauabkochung mit Tonerdesalzen unter geeigneten Verhältnissen ein lebhaft gelbgefärbter Tonerdelack entsteht. Mit Chrom gibt Luteolin bräunlichgelbe, mit Eisen bräunlich-olivenfarbige, mit Zinn rein gelbe Lacke. Die Färbungen sind licht- und walkecht. Durch Kombination mit Indigkarmin und Orlean kann die Seide auch grün (»Waugrün«) bzw. orange gefärbt werden.

Der gelbe Farbstoff des Waus, das Luteolin, wurde von Chevreul (82) entdeckt und später von Moldenhauer (83), von Schützenberger und Paraf (84), Rochleder und Breuer (85) genauer untersucht. Das Luteolin (denselben Namen führt auch ein gelber Azofarbstoff) oder Digitoflavon $C_{15}H_{10}O_6 + 2\,H_2O$ bildet gelbe, seidenglänzende Nadeln, die sich in kaltem und heißem Wasser nur sehr schwer, leichter in Äther und Alkohol auflösen. Diese Lösungen des Körpers reagieren schwach sauer und schmecken etwas bitter. Ammoniak, ätzende und kohlensaure Alkalien lösen es mit tiefgelber Farbe [vgl. Husemann-Hilger (86), Rupe (87), Ganswindt (88)].

Zur Reindarstellung des Luteolins (nach Perkin) kocht man 300 g trockenen Extrakt einige Stunden mit 3 Litern Wasser und 100 g Salzsäure, filtriert von dem sich allmählich abscheidenden schwarzen Harz ab und läßt das Filtrat 12 Stunden stehen. Es fällt braunes, unreines Luteolin aus, das man nach dem Filtrieren und Auswaschen feucht mit Äther aufnimmt und der filtrierten Lösung mit verdünnter Alkalilauge entzieht. Aus der Lauge wird mit Säuren der Farbstoff ausgefällt; er wird durch nochmaliges Umkristallisieren aus Alkohol gereinigt.

Luteolin kristallisiert in rein gelben, konzentrisch gruppierten, vierseitigen Nadeln, die erst über 320° schmelzen und unter teilweiser Zersetzung sublimieren. Sie enthalten 2 Moleküle Kristallwasser, sind nur spurenweise in Wasser und schwer in kaltem Alkohol (1 : 37) löslich, leicht in Alkalien mit tiefgelber Farbe und in konzentrierter Schwefelsäure mit rotgelber Farbe.

Die schön kristallisierenden Salze des Farbstoffes mit H_2SO_4, HBr usw. werden durch Wasser zerlegt.

Verwendung: Früher war Wau der wichtigste gelbe natürliche Farbstoff und hat auch als Gilbe (in Mischung mit Blau für Grün) ausgedehnte Anwendung gefunden.

Auf Baumwolle werden mittels Chrom-, Aluminium- oder Zinnbeizen Farben erzielt, die, da sie nicht seifenecht und auch nur wenig lichtbeständig sind, nur geringe Bedeutung haben.

Auch auf Wolle ist die Anwendung beschränkt, die Färbekraft des Wau ist hier zu gering.

Auf gebeizter Wolle erhält man mit Wau folgende Färbungen: Auf Chrombeize: Braungelb, auf Aluminiumbeize: Gelb, auf Eisenbeize: Dunkles Braunolive und auf Zinnbeize: Helles Gelb.

Durch Fällung einer Wauabkochung mit Alaun und Kreide erhält man Schüttgelb (Nr. 161), dessen feinere Sorten mit Pariserblau gemischt ein Schüttgrün liefern.

Gegenwärtig wird Wau nur noch in der Seidenfärberei benutzt, wo er von jeher der wichtigste gelbe Farbstoff des Pflanzenreiches war, besonders zur Erzeugung gelber, oliver und grüner Töne. Hauptsächlich zeichnet sich der Aluminiumlack durch ein schönes, beständiges Gelb aus. Man beizt mit Alaun und färbt dann bei 50—60° in einer Ab- (50—70 %) oder (für Orange) mit etwas Seife. Nuanciert (für dunklere Färbungen) wird durch Anwendung von mehr Wau (50—70 %) oder (für Orange) mit etwas Orlean. Alle diese Färbungen auf Seide sind recht licht- und seifenecht.

Luteolin, das im Wau von einer kleinen Menge Apigenin begleitet ist, findet sich noch im Färberginster [*Genista tinctoria* (Nr. 34)], in den Blüten von *Antirrhinum majus* L. und in den Digitalisblättern.

78. Der japanische Farbstoff Fukugi. Bis vor kurzem scheint in Japan ein Farbstoff »Fukugie« häufig zum Färben von Gelb gebraucht worden zu sein, der aus dem Holz eines unbekannten Baumes bereitet wird. Er kommt in Form kleiner, rechteckiger, gelbbrauner Kuchen, die aus einem Extrakt gepreßt oder geformt sind, in den Handel. Enthält nach Perkin und Phipps (89) als Glukosid kristallisiert einen gelben Farbstoff Fukugetin $C_{17}H_{12}O_6$.

Zu seiner Darstellung wird das gepulverte Material mit der zehnfachen Menge kochenden Wassers extrahiert, die Lösung mit Salzsäure 2 Stunden lang zur Zersetzung des Glukosides gekocht und Masse nach dem Abpressen auf Ton mit die abgeschiedene, etwas schmierige kochendem Alkohol extrahiert. Extrakt mit viel Äther zur Abscheidung harziger Verunreinigungen versetzt, liefert nach dem Verdunsten der Mutterlauge den Farbstoff in reiner Form. Bleiazetat gibt in alkoholischer Lösung gelben Bleilack.

Fukugetin bildet kleine, prismatische, kanariengelbe Kristalle vom Schmelzpunkt 288—290°. Leicht löslich in Alkalien oder kalter konzentrierter Schwefelsäure mit gelber Farbe.

Eisenchlorid erzeugt eine braunschwarze Färbung.

Der Körper enthält keine Methoxylgruppen.

Fukugetin hat ein sehr gutes Färbevermögen und färbt fast ebenso gut und so kräftig wie Wau (Luteolin), mit dem es große Ähnlichkeit hat.

Auf gebeizter Wolle geben Fukugetin und Luteolin folgende Töne:

	Cr	Al	Fe	Sn
Fukugetin:	Dunkles Orangegelb	Orange-gelb	Oliv-braun	helles Gelb
Luteolin:	Braunes Gelborange	Orange-gelb	Oliv-schwarz	helles Gelb

Bei der Alkalischmelze lieferte Fukugetin Phlorogluzin und Protokatechusäure.

Da die alkalischen Lösungen des Körpers beim Stehen sich nicht oxydieren, ist es sicher ein Flavon (kein Flavonol-Derivat!).

Vielleicht ist der Brenzkatechinrest im Fukugetin anders mit dem Flavonkern verbunden als im Luteolin.

79. Scoparin, $C_{20}H_{20}O_{10}$, nach Untersuchungen von Perkin (Proc. Ch. Soc. 15, 123) dem Vitexin nahe verwandt, findet sich in den Blättern und Zweigen des in Mitteleuropa und Japan vorkommenden Besenginsters *Cytisus scoparius* Link = *Sarothamnus scoparius* Kch. = *Spartium sc.* L. (Leguminose).

Scoparin ist wahrscheinlich Methoxyvitexin, d. h. ein Abkömmling des Luteolinmethyläthers, kleine gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 202—219°, in Alkalien mit hellgelber Farbe löslich.

Beim Kochen mit HJ entsteht unter Abspaltung einer Methylgruppe nach Perkin ein neuer Farbstoff Scoparein, dessen Färbungen mit denen von Luteolin fast identisch sind.

Scoparin ist ein schwacher Farbstoff und in seinen färberischen Eigenschaften von denen des Vitexins [aus *Vitex littoralis* A. Cunn. (Nr. 74)] kaum zu unterscheiden.

80. Farbstoff aus Scutellaria altissima L. Blätter und Blüten von *Scutellaria altissima* L., einer Labiate des östlichen Europas, auch in Cochinchina vorkommend, enthalten das Glukosid: Scutellarin $C_{21}H_{18}O_{12}$.

Es scheidet sich aus einem wässrigen Extrakte der Blätter und Blüten beim Stehen als Rohprodukt in gelben bis braunen Nadeln ab, die aus viel Alkohol umkristallisiert strohgelbe Nädelchen von der Zusammensetzung $C_{21}H_{20}O_{12} + 2^1/_2 H_2O$ geben, deren Schmelzpunkf über 310° liegt. Es ist in den meisten organischen Lösungsmitteln, ausgenommen in heißem Eisessig, sehr wenig löslich. Die alkoholische Lösung gibt mit Bleiazetat einen roten Niederschlag, mit Eisenchlorid eine intensiv grüne, beim Erwärmen rote Färbung. In verdünnten Alkalien ist die Verbindung mit tiefgelber Farbe löslich und wird daraus durch Säuren wieder gefällt. Diese Lösungen reduzieren beim Kochen ammoniakalische Silberlösung und Fehlingsche Lösung. Rauchende Chlor- und Bromwasserstoffsäure, sowie konzentrierte Schwefelsäure fällen aus einer Lösung oder Suspension in Eisessig gelbe oder orangerote, kristallinische Salze, die durch Wasser zerlegt werden. Man erhält auf diesem Wege Scutellareïn $C_{15}H_{10}O_6$, das auch durch direkte Einwirkung von 30—40%iger Schwefelsäure auf das Scutellarin entsteht. Scutellareïn ist ein 1,3,4,4′- oder 1,2,3,4′-Tetraoxyflavon,

gelbe, kristalline, über 300° schmelzende Substanz, die in Alkohol löslich ist, ebenso in Alkalien mit gelber Farbe. Eine alkoholische Lösung gibt mit Bleiazetat einen gelbroten Niederschlag, mit Eisenchlorid eine rotbraune Färbung.

81. Farbstoffe der Galangawurzel (Galgantwurzel). Diese Wurzel ist das Rhizom von *Alpinia officinarum* Hance, die zur Familie der Ingwergewächse (Zingiberaceae, Scintamineae) gehört. Die Heimat der Pflanze ist China, die Insel Hainan und Siam.

Als Stammpflanzen der Galgants werden auch genannt: *A. calcarata* Roxb. in China und *A. zingiberina* Hook. in Siam.

Man unterscheidet im Handel 2 Varietäten der Droge:

Radix galangae minoris, Galanga minor, Rhizoma Galangae off., Galangawurzel, Chinese galangal, die häufiger vorkommende und in manchen Ländern offizinelle, schon im Altertum als Heilmittel bekannte und in der deutschen Literatur schon im 8. Jahrhundert erwähnte Varietät, die hauptsächlich in Rußland zur Bereitung des Likörs »Nastoika« gebraucht wird und in Livland und Estland als sehr beliebtes Gewürz gilt. Sie enthält 0,5 % eines ätherischen Öles.

Radix galangae majoris hat als Stammpflanze die auf den Malaiischen Inseln (Java und Sumatra) und in China vorkommende, nach Watt in Ostbengalen und Südindien angebaute *Alpinia galanga* Willd. Das Rhizom und die Frucht wurden früher als Galanga major, großer Galgant (aromat.) bezeichnet. [Flückiger u. Hanbury (90)].

Alpinia nutans Roscoe, auf den malaiischen Inseln vorkommend, liefert im Rhizom eine geringere Sorte von Galanga und ein ätherisches Öl, *Alpinia malaccensis* Roscoe, in Java und Malakka vorkommend, hat ebenfalls ein aromatisches Rhizom.

Galangawurzel enthält Kämpferid und Galangin.

Kämpferid, $C_{16}H_{12}O_6$, ist 1,3-Dioxy-4'-Methoxyflavonol, schwefelgelbe, flache Nadeln vom Schmelzpunkt 227—229°, in Alkalien mit gelber Farbe löslich. Schwefelsäure gibt eine blau fluoreszierende, gelbe Lösung.

Galangin, $C_{15}H_{10}O_5$, ist 1,3-Dioxyflavonol; gelblich-weiße Nadeln vom Schmelzpunkt 214—215°, in Alkalien mit gelber Farbe löslich.

Gibt bei Gegenwart von Essigsäure mit Mineralsäuren kristallisierte Verbindungen und mit alkoholischem Kaliumazetat ein Monokaliumgalangin, gelbe Nadeln (Perkin und Wilson).

Zur Gewinnung wird die Wurzel mit Äther extrahiert, der Extrakt nach dem Abdestillieren des Äthers mit zwei Teilen Chloroform versetzt und zwei Tage stehen gelassen. Das Rohprodukt wird nach einmaliger Umkristallisation aus 94%igem Alkohol aus Eisessig fraktioniert kristallisiert.

Am zweckmäßigsten verwendet man den käuflichen alkoholischen Extrakt der Wurzel, der kalt mit dem doppelten Volumen Benzol versetzt wird; nach dem Abfiltrieren vom Ungelösten wird der in kaltem Benzol unlösliche kristallinische Rückstand aus dem gleichen Volumen Alkohol umkristallisiert.

Außer Kämpferid (Monomethyläther des Kämpferols) und Galangin findet sich in der Galangawurzel noch Galanginmonomethyläther. Das von Jahns (91) beschriebene Alpinin ist nach Testoni (92) eine Mischung von Kämpferid und Galangin.

Galangin gibt auf gebeizter Wolle folgende Töne:

Cr	Al	Fe	Sn
olivgelb	gelb	tief oliv	zitronengelb

82. Farbstoff der Blüten von Delphinium consolida L., Rittersporn, einer in Mitteleuropa fast überall ziemlich verbreiteten, wild wachsenden Ranunculacee. Der Name »Consolida« rührt wahrscheinlich davon her, daß der gemeine Rittersporn in alten Zeiten zum Heilen von Wunden gebraucht worden ist. Die Blüten (flores calcatrippae) enthalten einen gelben glukosidischen Farbstoff Kämpferol (Campferol) $C_{15}H_{10}O_6$ 1,3,4'-Trioxyflavonol, hellgelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 276—277°, in Alkalien mit gelber Farbe löslich.

Zur Gewinnung löst man den Extrakt in der 40fachen Menge kochenden Wassers, setzt Schwefelsäure zu und filtriert den schmierigen Niederschlag sowie den Gips ab. Die heiße Flüssigkeit wird

nach weiterem Schwefelsäure-Zusatz eine Stunde gekocht; beim Stehen scheidet sich ein harziger Niederschlag ab, aus dem der Farbstoff mit kochendem Äther ausgezogen wird. Nach dem Einengen wird mit Äther gefällt und aus Alkohol umkristallisiert.

Die Färbeeigenschaften auf gebeizter Wolle sind denen des Morins sehr ähnlich. Man erhält mit:

Chrom-beize:	Aluminium-beize:	Eisen-beize:	Zinn-beize:
Braungelb	Gelb	Tiefes Olivbraun	Zitronengelb

Kämpferol findet sich auch in den Blüten von *Delphinium zalil* Act. (Asbarg) als Glukosid neben Isorhamnetin und Querzetin.

83. Blüten der Robinia pseudacacia L., Robinin. Wie schon oben erwähnt [Nr. 73], enthalten die Blätter der falschen Akazie Acacetin, einen Monomethyläther des Apigenins (1,3,4'-Trioxyflavons). In den Blüten der Robinie, die selbst keine färberischen Eigenschaften besitzen, sowie in den Blüten der weißen Akazie findet sich ein Glukosid des Kämpferols: Robinin, schwachgelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 196—197°.

Zur Gewinnung des Glukosids werden die Akazienblüten nach A. G. Perkin (93) vier Stunden mit der zehnfachen Gewichtsmenge Alkohol digeriert, die schwach grüne Lösung wird etwas eingeengt und in Wasser gegossen, dann der Alkohol abdestilliert und der Rückstand mit Äther ausgeschüttelt, schließlich aus Wasser umkristallisiert. Rohausbeute 1%.

Kocht man Robinin mit verdünnter Schwefelsäure, so erhält man im Durchschnitt 38% Farbstoff (Kämpferol); auf 1 Molekül des letzteren bilden sich 2 Moleküle Rhamnose und 1 Molekül Glukose:

$$\underset{\text{Robinin}}{C_{33}H_{42}O_{20}} + 4H_2O = \underset{\text{Kämpferol}}{C_{15}H_{10}O_6} + 2\underset{\text{Rhamnose}}{C_6H_{14}O_5} + \underset{\text{Glukose}}{C_6H_{12}O_6}$$

Das von Waliaschko (94) beschriebene Robigenin ist nach W. (95) identisch mit Kämpferol.

Die Rinde der Robinie enthält ebenfalls Acacetin.

84. Fisetholz, Fisettholz, junger Fustik, Fustel, ungarisches Gelbholz. Viset, franz. bois jaune de Hongrie, du Tirol, engl. fustic, young fustic, ital. il fustello, ist das von Rinde und Splint befreite Kernholz (Lignum Rhois Cotini) des in Südeuropa, im Mittelmeergebiet, im Orient und in China einheimischen Perückenstrauches, Färbersumachs oder Gerberbaumes *Rhus cotinus* L. = *Cotinus coggyria* Scop., *C. coccygea* C. Koch (Anacardiacee) und kommt in dünnen bis armdicken (selten stärkeren) und bis nahezu meterlangen knorrigen Knüppeln in den Handel, die im Innern schön grünlich-gelb gefärbt sind. Die beste Sorte liefern die jonischen Inseln und Morea [Semler (96)]. Der Strauch wächst in Südeuropa Italien, Spanien, Griechenland, Türkei, Ungarn, Dalmatien, Südtirol und auf Jamaika wild und wird zum Teil auch angebaut, in Mitteleuropa findet man ihn oft als Zierstrauch in Gärten und Anlagen. Alkalien färben das Holz blutrot.

Kocht man das Holz mit sehr verdünnter Sodalösung aus und dampft die Flüssigkeit bis zum spezifischen Gewicht 1,04 ein, so scheidet sie in reichlicher Menge Farbstoff ab, der in trocknem Zustande als fester Extrakt: Cotinin in den Handel kommt. Die Farbkraft dieses Produktes ist ungefähr sechzigmal so groß wie die des Holzes.

Ein flüssiger Extrakt wird in gleicher Weise wie Gelbholz-Extrakt in einer Ausbeute von 18—20 % erhalten.

Im Fisetholz liegt die färbende Substanz in Form einer Glukosidgerbsäure (Fustin-Tannid) vor. Um diese zu gewinnen, kocht man das geraspelte Holz mit Wasser aus, fällt mit Bleiazetat die Verunreinigungen und engt das entbleite Filtrat ein. Durch Sättigen mit Kochsalz wird die Hauptmenge der Gerbsäure ausgefällt. Durch Extrahieren des Filtrates mit Essigäther erhält man das Tannid. Es kristallisiert in langen gelblichweißen Nadeln, die sich oberhalb 200° zersetzen. Mit Säuren und Alkalien liefert es direkt Fisetin.

Zur Gewinnung des Fustins (Glukosid des Fisetins) behandelt man das Fustin-Tannid mit heißem Eisessig; es tritt Spaltung ein in Gerbsäure (Sumachgerbsäure) und Fustin in gelblich-weißen, silberglänzenden Nädelchen vom Schmelzpunkt 218—219°, leicht löslich in heißem

Wasser, Alkohol und verdünnten Alkalien, wenig in Äther. Es reduziert alkalische Kupfer- oder Silberlösung erst in der Hitze.

Kochen mit verdünnter Schwefelsäure zerlegt das Glukosid in Fisetin und einen Zucker (Rhamnose).

Fisetin $C_{15}H_{10}O_6$ ist 3,3',4'-Trioxyflavonol; es kristallisiert aus verdünntem Alkohol in feinen zitronengelben Nädelchen, aus heißer, wenig starker Essigsäure in sattgelben Kristallprismen mit 6 Molekülen Kristallwasser; sie verlieren dieses bei 110°. Der Schmelzpunkt liegt oberhalb 360°. Es ist unlöslich in kaltem, wenig löslich in heißem Wasser, unlöslich in Äther, Benzol, Chloroform und Petroläther, leicht löslich dagegen in Essigsäure, Alkohol, Essigäther und Azeton.

In der alkoholischen Lösung erzeugt Bleizucker eine orangerote, Zinnchlorür eine orangegelbe, Kupferazetat eine braune und Eisenchlorid eine schwarzgrüne Fällung.

Ätzkali gibt mit einer alkoholischen Fisetlösung eine braunrote Färbung von dunkelgrüner Fluoreszenz.

Die Gewinnung des Fisetins geschieht am besten aus dem festen Extrakt (Cotinin), den man mit starkem Alkohol auskocht unter Zusatz von Essigsäure. Man fällt mit alkoholischem Bleiazetat aus der etwas konzentrierten Lösung die Verunreinigungen aus. Das Filtrat wird mit H_2S entbleit, eingeengt und mit kochendem Wasser versetzt, wobei der Farbstoff in gelben Flocken ausfällt.

Fisetholz und -extrakt wurde früher in den Seidenfärbereien zur Erzeugung brauner Farben angewandt, es wird aber jetzt nur noch in ganz beschränktem Maße in der Wollfärberei für Orange oder Scharlach benutzt. Die damit erzielten Färbungen sind zwar ziemlich walk- und seifenecht, aber außerordentlich lichtunecht. Wolle mit Kaliumbichromat kräftig gebeizt wird mit Fisetholz in getrenntem Bade rötlichbraun gefärbt, röter als mit einem anderen natürlichen gelben Farbstoffe, mit Ausnahme der Gelbbeeren. Auf Tonerdebeize wird eine gelbliche Lederfarbe erzeugt. Eisenbeize gibt Olivschwarz und Zinnchlorürbeize ein schönes Orangerot. Außer zum Färben von Wolle wird Fisetholz auch zum Färben von Leder gebraucht. Eine Bisulfitverbindung aus Fisetholz gewonnen, gibt grünstichigere und reinere Farbtöne.

85. Gelber Farbstoff aus **Rhus rhodanthema** F. v. M. = *Rhodosphaera r.* Engl., der gelben Zeder (Anacardiacee). Baum in Neusüdwales von ungefähr 25 m Höhe (Yellow cedar), Holz (light yellow wood) enthält als färbenden Bestandteil freies Fisetin, ferner ein dem Fustin ähnliches Glukosid des Fisetins $C_{36}H_{30}O_{16}$, glänzende, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 215—217° (nach Zersetzung), in kochendem Wasser leicht löslich. Wird durch Säuren nur sehr schwer gespalten.

Die erhaltenen Ausfärbungen unterscheiden sich wesentlich von den mit Fisetholz erzeugten, sie sind vor allem heller als diese.

	Chrombeize	Aluminiumbeize	Eisenbeize	Zinnbeize
Rhus cotinus (Fisetholz)	rötlichbraun	orange	braunoliv	orangegelb
Rhus rhodanthema (Gelbe Zeder)	gelblichbraun	bräunlichgelb	oliv	goldgelb

Wahrscheinlich liegt der Unterschied in der Ausfärbung nur an dem verschiedenen Gehalt an Glukosiden in beiden Pflanzen.

86. **Querzitron**, Querzitronrinde, ital. quercitrone, ist die Rinde gewisser Eichenarten, vor allem der Färbereiche *Quercus tinctoria* Bart. (*Quercus discolor* Ait.), *Qu. digitata*, *Qu. trifida* aus der Familie der Fagaceen, die in Nordamerika heimisch sind, sich gelegentlich aber auch in Europa finden. Die Färbereiche erreicht eine Höhe von 20—30 m und wurde früher auch in Frankreich und Bayern angepflanzt. Der Farbstoff ist hauptsächlich in der Rinde (techn. Querzitronrinde) als gelbes Rhamnose-Glukosid Querzitrin enthalten, das leicht in Rhamnose und den eigentlichen Farbstoff Querzetin, im Handel als »Flavin« oder »Quercetin industrielle«,

spaltbar ist. Im Splint findet sich gleichfalls Querzitrin (Querzitronholz).

Die zerkleinerte und von der Oberhaut befreite Rinde der Färbereiche gehört zu den wichtigsten Farbmaterialien, die das Pflanzenreich hervorbringt. Ihr Erscheinen auf dem europäischen Markte hatte eine bedeutende Umgestaltung im Farbwarenhandel zur Folge. Einige gelbfärbende Kräuter, wie Ginster, Scharte, wurden durch die Querzitronrinde fast gänzlich verdrängt. Aber auch der Wau büßte seine frühere Wichtigkeit ein. Seit der Einführung der Querzitronrinde wurde seine Verwendung außerordentlich beschränkt, und selbst das echtere Gelbholz hatte unter der neuen Konkurrenz viel zu leiden. Der Wert der Querzitronrinde liegt nicht nur in den Eigenschaften des Farbstoffes, sondern auch in der großen Menge desselben. Die Rinde hat ein Färbvermögen, das nach Bancroft viermal so groß ist wie das des Gelbholzes (Holz der *Maclura tinctoria*) und acht- bis zehnmal so groß wie das des Waus.

Das Verdienst, die Querzitronrinde in die Industrie eingeführt zu haben, gebührt dem um die Technik der Färberei hochverdienten Bancroft. Er benannte den Baum seiner eigentümlich gefärbten inneren Rinde wegen *Quercus citrina* und konstruierte hieraus das Wort Querzitron, das alsbald allgemein Eingang fand. Selten nur wird für diese Ware der unrichtige Name gelbes Eichenholz angewendet. *Quercus tinctoria* tritt in mehreren Varietäten auf, die höchst ungleiche Sorten von Querzitron liefern. And. Michaux (97) unterscheidet eine Form mit ausgezackten und eine mit ausgerandeten Blättern. Erstere, vom Champlainsee an bis Georgien vorkommend, gibt die beste Rinde; letztere, über die Niederungen Georgiens und Karolina verbreitet, ein geringes, bräunlich färbendes Querzitron. Auch die Varietäten digitata und trifida (*Quercus nigra digitata* und *Qu. n. trifida*) aus Südkarolina, ferner *Quercus aquatica* und *Qu. cinerea* [F. A. Michaux (98)] geben nur geringere Querzitronsorten.

Die Borke von *Qu. tinctoria* ist schwarz, daher der Linnésche Name dieses Baumes: *Qu. nigra.* Es kommen in ihr wohl kleine Mengen des Querzitronfarbstoffes vor, die in die wässrigen Auszüge übergehen und die Schönheit der Färbungen stark beeinträchtigen, so daß dieser Rindenteil als völlig wertlos angesehen werden muß. Die Borke des Baumes wird nach Bancrofts Mitteilungen von den Stämmen abgehobelt, der übrigbleibende Rindenkörper vom Stamme abgeschält, getrocknet und zwischen Mühlsteinen vermahlen. Auf diese Weise wird wohl die größtmögliche Menge von Querzitron erhalten. Ein farbstoffreicheres Produkt läßt sich aber durch Abraspeln des schwammigen Teiles der Rinde gewinnen. In den Handel kommt die Rinde als Hirnschnitt, Pulver- oder Fasermahlung. Die gemahlene Querzitronrinde besteht teils aus einer pulverigen, teils aus einer faserigen Partie; erstere entspricht der Außen-, letztere der Innenrinde. Da die im Handel vorkommende Querzitronrinde gewöhnlich ein Gemenge von pulveriger und faseriger Masse ist, so ist wohl nicht zu bezweifeln, daß der meist in Übung stehende Prozeß der Querzitrongewinnung in einem Vermahlen der nur von der Borke befreiten Rinde besteht. Die Querzitronrinde gelangt nie in ganzen Rindenstücken, sondern stets in zerkleinertem Zustande in unseren Handel. Wie schon erwähnt, ist die käufliche Querzitronrinde ein Gemenge von mehliger und faseriger Substanz. Erstere ist dunkler als letztere gefärbt. Die Farbe und Güte der Ware ist von den Mengenverhältnissen dieser beiden Körper abhängig. Je mehlreicher eine Querzitronsorte ist, als desto besser wird sie angesehen. Die Farbe der gemahlenen Rinde gleicht meist jener frisch angeschnittenen Korkes. In schlechteren, grob gemahlenen Sorten finden sich häufig schwarzbraune, von Borke herrührende Farbteile vor. Der Geruch ist eigentümlich, schwach, nicht unangenehm, der Geschmack deutlich bitter.

Nach Bancroft gibt die Rinde mit Wasser ausgezogen mehr als 8 % Extrakt.

Der Hauptverschiffungshafen der Querzitronrinde ist Baltimore; Hauptabladehäfen sind Hamburg, Havre und Liverpool.

Beim Einkauf kontrolliert man den Wassergehalt der Rinde und erkennt durch eine Aschenbestimmung, ob sie eine Beimischung von Sand enthält.

Zur Feststellung der Farbkraft kocht man je 20 g eines bekannten guten Rindentyps und der zu untersuchenden Rinde aus und macht vergleichende Ausfärbungen auf chrom- oder zinngebeizter Wolle.

Die Rinde verdankt ihren Farbstoffcharakter dem Querzitrin

$$C_{21}H_{20}O_{11} \cdot 2\,H_2O,$$

dem Rhamnosid des Querzetins, schwach gelbliche Nädelchen oder Plättchen, die bei 125—130° 1 Molekül Wasser abgeben, lufttrocken bei 182—185° und wasserfrei bei 250—252° schmelzen. Das Färbevermögen ist gering. Beim Kochen mit verdünnten Mineralsäuren erfolgt glatte Zerlegung in Rhamnose und Querzetin = 1,3,3′,4′-Tetraoxyflavonol $C_{15}H_{10}O_7$, den eigentlichen Farbstoff:

$$\underset{\text{Querzitrin}}{C_{21}H_{20}O_{11}} + H_2O = \underset{\text{Querzetin}}{C_{15}H_{10}O_7} + \underset{\text{Rhamnose}}{C_6H_{12}O_5}$$

Querzetin ist ein zitronengelbes, kristallinisches Pulver mit 1 Molekül Kristallwasser, das bei 120° fortgeht. Schmelzpunkt nahe über 250°, bei höherer Temperatur sublimiert es teilweise. Es ist das färbende Prinzip einer ganzen Reihe natürlicher Farbmaterialien und gehört überhaupt mit zu den verbreitetsten Pflanzenfarbstoffen. Es findet sich in den Blüten, Blättern, Rinden, Wurzeln vieler Pflanzen.

Zur Darstellung des Querzitrins kocht man die gemahlene Querzitronrinde sechs Stunden mit der fünf- bis sechsfachen Menge Alkohol von 85 %, destilliert die Hälfte des Alkohols ab, versetzt mit Eisessig und fällt mit alkoholischer Bleiazetatlösung die Verunreinigungen aus. Das Filtrat wird entbleit, zur Trockne verdampft und das Querzitrin mit Alkohol aufgenommen. Nach dem Fällen mit Wasser wird mehrmals aus kochendem Wasser umkristallisiert. Querzitrin läßt sich auch leicht aus wässriger Lösung herstellen, indem man die Rinde mit kochendem Wasser extrahiert und auf 9—10° Bé eindampft. Beim Erkalten kristallisiert bereits reines Querzitrin aus. Zur Gewinnung größerer Mengen konzentriert man bis 80° Bé und wendet dann die Reinigung mit Bisulfit an. Querzitrin ist fast unlöslich in kaltem, löslich in heißem Wasser, Alkohol und heißem Eisessig, unlöslich in Äther; es hat bitteren Geschmack, löst sich in Alkalien und gibt mit Eisenchlorid dunkelgrüne Färbung.

Die Darstellung des Querzetins erfolgt entweder durch Hydrolyse von Querzitrin durch Kochen mit verdünnten Säuren oder durch Kochen des wässrigen Rindenextraktes mit Säuren. Man extrahiert die Rinde mit Soda oder verdünntem Ammoniak, neutralisiert mit Schwefelsäure, filtriert den Niederschlag ab, säuert mit Schwefelsäure an und hält einige Zeit am Sieden. Der ausfallende Farbstoff wird noch in der Wärme abfiltriert und aus Alkohol umkristallisiert. Querzetin ist in kaltem Wasser fast gar nicht, in heißem etwas löslich, leicht in kochendem Alkohol und Eisessig, schwer in Äther. Ammoniak und wässrige Alkalien lösen es mit goldgelber Farbe, die alkoholische Lösung wird mit Eisenchlorid dunkelgrün, beim Erwärmen dunkelrot gefärbt. Silber- und Fehlingsche Lösung werden in der Hitze leicht reduziert. Das Bleisalz ist rot gefärbt.

Auf gebeizter Wolle gibt reines Querzetin folgende Färbungen: Auf Chrombeize: Rotbraun, auf Tonerdebeize: braungelbes Orange, auf Eisenbeize: Grünschwarz, auf Zinnbeize: glänzendes Orange.

Meist kommen jetzt Extrakte von 10—20° Bé in den Handel, diese setzen aber sehr leicht Pilze an, auch scheidet sich Querzitrin und etwas Querzetin aus.

Das in den Mülhausener Färbereien wandte Präparat »Quercetin industrielle« besitzt die dreifache Färbekraft wie die Querzitronrinde und wird durch Spaltung des Querzitrins in Querzetin erhalten, indem man die geraspelte Rinde mit 2%iger Schwefelsäure kocht.

Zur Fabrikation von Extrakt wird die Querzitronrinde in einer offenen oder geschlossenen Extraktionsbatterie mit kochendem Wasser ausgezogen. Die Brühen werden im Vakuum eingedampft. Der Extrakt kommt flüssig in einer Konzentration von 20—30° Bé oder fest mit 15—17 % Wassergehalt auf den Markt. Man erhält so einen Extrakt, der nur Querzitrin enthält, das beim Erkalten auskristallisiert und schon bei 25° Bé einen

dick- bis zähflüssigen Kristallbrei gibt. Aus 100 g Rinde erhält man 35—38 % Querzitronenextrakt von 30° Bé.

Ein Zusatz von Soda während der Extraktion erhöht die Löslichkeit des Querzitrins; vor dem Eindampfen wird dann neutralisiert. Die so erhaltenen Extrakte sind aber etwas harzig.

Es werden auch Extrakte hergestellt, indem man die Brühen mit verdünnter Schwefelsäure eine bestimmte Zeit kocht, neutralisiert und eindampft. Die so gewonnenen Präparate enthalten mehr oder weniger Querzetin, werden aber wegen der rotstichigen Nuancen, die letzteres auf Chrombeize gibt, nicht viel verwandt.

Der größte Teil der Querzitronrinde wird heute in den nordamerikanischen Extraktfabriken extrahiert. Konzentriert man die wässrige Lösung auf 10—12° Bé, so scheidet sich ziemlich reines Querzitrin aus. Es wird unter dem Namen »Flavin einfach« in den Handel gebracht. Kocht man mit Mineralsäuren, so erhält man das technische Querzetin, das als »Flavin doppelt« verkauft, jetzt aber kaum noch verwandt wird.

Auch Mischungen beider Präparate werden fabriziert.

Die Mutterlaugen der Flavinfabrikation werden eingedampft und als Querzitronextrakt zweiter Qualität oder in Mischungen mit gutem Extrakt verkauft; diese Präparate geben trübere und weniger blumige Nuancen als der reine Extrakt.

Im Gegensatz zum Kreuzbeerenextrakt gärt Querzitronextrakt nicht, neigt aber, wenn wenig konzentriert, zur Schimmelbildung.

Flavin kommt als feines leichtes Pulver von olivengelber (grünlichgelber) bis dunkelbrauner Farbe vor. Während die Färbekraft des Querzitronextraktes zweimal größer ist als die der Rinde, färbt das Flavin sechzehn mal so stark wie das gleiche Gewicht Querzitron. Die Ausbeute an Flavin beträgt 4—10 %.

Verfälscht wird Flavin mit gemahlener Rinde, Kochsalz, Glaubersalz usw.

Färberische Eigenschaften: Querzitron und Querzitronpräparate werden heute noch ziemlich viel in der Textilindustrie, sowie zur Herstellung von Schüttgelb (Nr. 162) verwandt. In den Färbereien und Druckereien werden größtenteils nur Querzitron enthaltende Extrakte gebraucht, weil sie grüngelbe Nuancen geben, die man dem Orangerot des Querzetins vorzieht.

Auf gebeizter Wolle erhält man folgende Färbungen:

Mit Chrombeize:	Tonerdebeize:	Eisenbeize:	Zinnbeize:
tiefes Braunorange	Braungelb	schwarzes Oliv	glänzendes Orange

Genau so wie auf Wolle wird Querzitron zum Färben auf Baumwolle nur wenig verwandt, unter anderm zur Herstellung von Oliv mit Eisenbeize und zum Nuancieren von Blauholzschwarz.

Größere Anwendung dagegen findet der Querzitronextrakt auch heute noch in der Baumwolldruckerei, namentlich als Ersatz für den teureren Kreuzbeerenextrakt.

Das schlecht lösliche Querzetin wird in der Druckerei nicht gebraucht. Auf chromierter Wolle (ev. unter Zusatz von Tonerdesalzen) erhält man weniger lebhafte Nuancen als mit Gelbholz- und Kreuzbeerenextrakt und färbt daher kein reines Gelb, sondern nur Modenuancen. Häufig wird Querzitron in Mischungen mit anderen Beizenfarbstoffen oder Tanninfarben gebraucht; so z. B. mit Alizarinrot, Rotholz und Schmack auf Tonerdebeize zur Erzeugung von »Garancinrot«, von Braun auf Eisentonerdebeize usw.

Es dient ferner zur Nuancierung von Katechu, das in Mischung mit Aluminium- oder Eisenazetat und Oxydationsmitteln aufgedruckt und nach der Oxydation zusammen mit Alizarin rot und braun gefärbt wird, ferner zum Anfärben von Tonerdebeizen, die nachher mit Malachitgrün überfärbt werden, nach welchem Verfahren gute hellgrüne Nuancen erhalten werden.

Viel benutzt wird der Farbstoff auch für Olivtöne, als Grundfarbe für »Modetöne«, zum Blenden (für nachheriges Färben mit Alizarin), zum Nuancieren von Blauholz, Indigoersatz, für Schwarz usw.

Die Echtheit gegen Licht und Walken kommt der der Gelbholzfarben gleich.

Ergänzung zu Nr. 86.

Querzetin ist noch enthalten in den Kelchblättern von *Rumex obtusifolius* L., Grindwurzel (Polygonaceae),

in den Blüten von:
Crataegus oxyacantha L., Rotdorn, Weißdorn (Rosaceae) und *Prunus spinosa* L., Schlehe, Schwarzdorn (Rosaceae),
in den Blättern von:
Arctostaphylos uva ursi Spr. (*A. officinalis* Wimm., *Arbutus uva ursi* L.) Bärentraube, Wolfsbeere (Ericaceae) und
Haematoxylon campechianum L., Blauholzbraun (Leguminosae).

Als Glukosid (Violaquerzitrin) in *Viola tricolor* var. *arvensis*, Stiefmütterchen (Violaceae) in Blättern, Stengel und Wurzel, und als Oxyquerzetin im Sumach.

87. **Farbstoff der Thujablätter: Thujetin.** In den grünen Teilen des Lebensbaumes *Thuja occidentalis* L., weiße Zeder oder Sumpfzeder, einer aus Nordamerika stammenden Cupressinea, sind zwei zur Querzetinreihe gehörende Stoffe enthalten: Thujin und Thujetin.

Thujablätter und -Zweige (Frondes Thujae) werden mit Alkohol ausgekocht, vom ausgeschiedenen Wachs abfiltriert, Alkohol abdestilliert und Rückstand mit Wasser und etwas Bleizuckerlösung versetzt. Von den ausgefällten Verunreinigungen wird abfiltriert und das klare, braune Filtrat mit neutralem Bleiazetat versetzt, der Niederschlag in verdünnter Essigsäure gelöst, filtriert und das Filtrat mit basischem Bleiazetat gefällt. Der schön gelbe Niederschlag wird mit Wasser verteilt und mit Schwefelwasserstoff zersetzt. Filtrat vom Schwefelblei muß durch Einleiten von Kohlensäure vom Schwefelwasserstoff befreit und im Vakuum über Schwefelsäure eingedampft werden. Die sich ausscheidenden gelben Kristalle werden aus verdünntem Alkohol umkristallisiert. Sie sind frei von Thujetin, wenn sie mit Ammoniak versetzt keine grüne Färbung mehr annehmen.

Thujin, glänzende, zitronengelbe vierseitige Tafeln von adstringierendem Geschmack. Wenig in kaltem, ziemlich leicht in heißem Wasser und in Alkohol löslich. Die alkoholische Lösung wird mit Alkalien gelb, an der Luft braunrot gefärbt. Eisenchlorid erzeugt eine dunkelgrüne Färbung. Ausbeute sehr gering.

Thujin, $C_{20}H_{22}O_{12}$, ist ein Glukosid. Kocht man seine alkoholische Lösung mit verdünnten Mineralsäuren, so wird es in Thujigenin und Glukose gespalten.

$$\underset{\text{Thujin}}{C_{20}H_{22}O_{12}} + H_2O = \underset{\text{Thujigenin}}{C_{14}H_{12}O_7} + C_6H_{12}O_6$$

Thujigenin, $C_{14}H_{12}O_7$, feine gelbe, in Wasser sehr schwer, in Alkohol leicht lösliche Nadeln; die alkoholische Lösung färbt sich mit Ammoniak blaugrün.

Es ist wahrscheinlich nur ein Zwischenprodukt, das auch in den Thujablättern in kleiner Menge vorkommt, und geht durch Hydrolyse leicht in Thujetin, das Endprodukt der Spaltung, über,

$$\underset{\text{Thujigenin}}{C_{14}H_{12}O_7} + H_2O = \underset{\text{Thujetin}}{C_{14}H_{14}O_8}$$

Thujetin $C_{14}H_{14}O_8$, gelbe Kristalle, schwer in Wasser, leicht in Alkohol und Äther löslich. Ammoniak färbt seine alkoholische Lösung prachtvoll blaugrün, Kalilauge zuerst grün, dann beim Stehen an der Luft gelb und rotbraun. Bleisalze sind rot gefärbt, Zinnchlorid färbt intensiv gelb, Silbernitrat erzeugt einen schwarzgrauen Niederschlag.

Kocht man Thujetin und Thujin einige Zeit mit Barytwasser, so entsteht Thujetinsäure $C_{28}H_{22}O_{13}$, zitronengelbe, in Wasser schwer, in Alkohol leichter lösliche Nadeln.

88. **Chinesische Gelbbeeren,** »Waifa« oder Hoai-hoa, Natalkörner, Handelsartikel, Chinesische Gelbbeeren »in Körnern«, nicht zu verwechseln mit: Chinesische Gelbbeeren »in Schoten« von *Gardenia grandiflora* Lour. (= *G. calyculata* Roxb.) und *G. radicans* Thbg., Chinesische Gelbschoten (Nr. 156) sowie mit Gelbbeeren von Rhamnus-Arten, Persische Beeren (Nr. 96), Kreuzbeeren (Nr. 97).

Chinesische Gelbbeeren sind die getrockneten, unentwickelten Blütenknospen [Hwaishii] von *Sophora japonica* L. (Leguminose Unterfam. Papilionatae), eines großen, im nördlichen China heimischen Baumes, der auch in Frankreich und Deutschland angebaut wird.

Sie enthalten ein Rhamnoglukosid des Querzetins, Rutin oder Violaquerzitrin $C_{27}H_{30}O_{16}$, das auch in den Blättern der Gartenraute (*Ruta graveolens* L.) und den Blütenknospen des Kapernstrauches (*Capparis spinosa* L.), sowie in den Blät-

tern des gewöhnlichen Buchweizens (*Fagopyrum esculentum* Moench = *Polygonum fagopyrum* L.) vorkommt und durch Auskochen der Pflanzen mit Wasser oder Alkohol isoliert wird.

Rutin bildet hellgelbe, seidenglänzende Nadeln mit 3 Molekülen Kristallwasser, das erst bei 130° weggeht. Es löst sich wenig in kaltem, leicht aber in kochendem Wasser und in Alkohol; in Äther ist es unlöslich. Schmelzpunkt über 190°.

Eisenchlorid färbt die Lösungen dunkelgrün, Fehlingsche Lösung wird nicht, ammoniakalische Silberlösung leicht reduziert.

Das Glukosid wird durch Kochen mit Schwefelsäure in Querzetin, Glukose und Rhamnose gespalten:

$$C_{27}H_{30}O_{16} + 3\,H_2O = C_{15}H_{10}O_7 + C_6H_{12}O_6 + C_6H_{14}O_6.$$

Am bequemsten ist Rutin darstellbar aus der veredelten tiefgelben Sorte des Gartenstiefmütterchens, durch Extraktion der frischen Blüten mit kochendem Methylalkohol und Umkristallisieren der beim Einengen des Extraktes ausfallenden Kristalle aus verdünntem Alkohol [Willstätter und Mallison (99)].

In China benutzt man die Gelbbeeren zum Färben von mit Alaun präparierter Seide, namentlich für die gelben Mandarinengewänder.

Rutin zersetzt sich nicht wie viele andere Glukoside während des Färbens im Bade. Seine färberischen Eigenschaften sind ähnlich aber schwächer als die der Querzitronrinde.

Auf chromierter Wolle erhält man braungelbe, mit Aluminiumbeize volle goldgelbe, mit Eisenbeize trübe braune und mit Zinnbeize zitronengelbe Töne [vgl. Bolley (100)].

89. Farbstoff der Zwiebelschalen. Die Schalen der gewöhnlichen Speisezwiebel *Allium cepa* L. sind früher vielfach in Deutschland zum Färben von Wolle, Leinen und Baumwolle benutzt worden, besonders in der Hausindustrie; mit Alaun zusammen ausgefärbt geben sie ein gutes Gelbbraun. Jetzt werden sie immer noch zum Färben von Ostereiern benutzt, der Kalk der Eierschalen spielt dabei die Rolle der Beize.

Die Zwiebelschalen enthalten nach A. G. Perkin und Hummel (101) etwa 1,3 % Querzetin in freiem Zustande. Es läßt sich mit kochendem Wasser ausziehen.

Färbt man gebeizte Baumwolle mit Zwiebelschalen, so erhält man auf Tonerde ein schönes kräftiges Gelb und auf Eisen ein schwärzliches Olivgrün.

90. Farbstoff des Heidekrautes. Das gemeine Heidekraut *Calluna vulgaris* Salisb. (*Erica v.* L.) enthält Querzetin, daneben in geringer Menge Katechintannin [A. G. Perkin und Newbury (102)]. Es wurde bis in die neueste Zeit in der Hausindustrie entlegener Gegenden des schottischen Hochlandes als gelber Farbstoff für Wolle gebraucht. Man benutzte dazu in England fünf Erikaarten, unter anderm *E. tetralix,* Sumpfheide (bell heather) und *E. cinerea,* graue Heide.

Der Farbstoff wird aus dem wässrigen Extrakt der grünen Teile der Pflanze in der üblichen Weise durch Niederschlagen mit Bleiazetat usw. gewonnen.

Färberische Eigenschaften: 36 Teile Heidekraut entsprechen 10 Teilen Querzitronrinde.

91. Thespasia macrophylla Blume = *Thespasia lampas* Dalz. Familie Malvaceae, kleiner Strauch in den tropischen Dschungeln von Indien, Birma und Ceylon, dessen Blüten nach Perkin (103) Querzetin enthalten.

Nach Watt (9) enthalten die Kapseln und Blüten von *Hibiscus populneus* L. = *Thespasia populnea* Corr. (Malvacee), die auch im tropischen Afrika und in Westindien vorkommt, einen gelben Farbstoff.

Auf gebeizter Wolle erhält man mit den Thespasia-Blüten schöne gelbe Färbungen.

92. Farbstoff von Eucalyptus macrorhyncha F. v. M. (Myrtacee) ist der »red stringy bark«-Baum von Neusüdwales und Victoria (Australien), der dort eine Höhe von 70 m erreicht und an seiner roten, dicken, faserigen Rinde und den charakteristischen Früchten leicht von anderen Eucalyptusarten unterschieden werden kann.

Die Blätter dieses Baumes enthalten einen gelben Farbstoff (bis zu 10 %), das Myrticolorin [H. G. Smith (104)]

$C_{27}H_{28}O_{16}$, ein Glukosid vom Schmelzpunkt 185°, das ein hellgelbes, in kaltem Wasser schwer, in heißem nicht besonders leicht lösliches Pulver darstellt. Die wässrige Lösung wird durch Eisenchlorid schwarzgrün gefärbt, durch Bleiazetat gelb. In Alkalien löst sich Myrticolorin mit gelber Farbe. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird es in Querzetin und Galaktose gespalten.

$$\underset{\text{Myrticolorin}}{C_{27}H_{28}O_{16}} + 3\,H_2O = \underset{\text{Querzetin}}{C_{15}H_{10}O_7} + 2\,\underset{\text{Galaktose}}{C_6H_{12}O_6}$$

Zur Darstellung des Myrticolorins wird das aus den Eucalyptusblättern isolierte Rohprodukt mehrmals aus kochendem Wasser umkristallisiert, darauf, zur Befreiung von Fett, Chlorophyll, Wachs usw. mit Äther extrahiert und (zur Trennung von anorganischen Salzen) in kochendem Alkohol aufgenommen. Der Alkohol wird nun größtenteils abdestilliert und der Rückstand in Wasser gegossen; das nach einiger Zeit sich abscheidende Produkt wird aus Alkohol und Wasser umkristallisiert.

93. Podophyllum emodi Wall., Indisches Podophyllum, kleine krautähnliche Berberidacee, sehr verbreitet im nördlichen Indien (Himalaya), deren Rhizom in Indien als kräftiges Abführmittel gebraucht wird, wie das der nahe verwandten Pflanze: *Podophyllum peltatum* L., Amerikan. Podophyllum, in Nordamerika und Europa viel gebraucht.

Enthält außer dem Drastikum »Podophyllin« noch eine beträchtliche Menge Querzetin. Wird von den Eingeborenen als Farbstoff benutzt.

94. Farbstoff der Kleeblüten. Es ist seit altersher bekannt, daß Kleeblumen eine gelbe Farbe auf aluminiumgebeizter Ware erzeugen, und sie sind auch in beschränktem Maße für Färbereizwecke gebraucht worden.

Drei Varietäten sind chemisch näher untersucht worden:

Trifolium pratense, Tr. incarnatum und *Tr. repens.*

a) *Trifolium pratense* L., Wiesenklee, Rotklee, gemeiner roter Klee, enthält außer Isorhamnetin, 3′-Methyläther des Querzetins $C_{16}H_{12}O_7$, und einem Querzetin-Glukosid vom Schmelzpunkt 235° zahlreiche andere phenolische Substanzen, die den Farbstoffen der Flavongruppe nahe verwandt zu sein scheinen:

Pratol $C_{15}H_8O_2 \cdot (OH) \cdot (OCH_3)$, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 253°, leicht löslich in heißer, wässriger Sodalösung und Natronlauge mit hellgelber Farbe.

Gelbe Verbindung $C_{16}H_{10}O_7$, dünne, gelbe Blättchen, Schmelzpunkt über 280°, in Alkalien mit gelber Farbe löslich; mit Schwefelsäure leuchtend grüne Fluoreszenz. Enthält eine Methoxygruppe.

Pratensol $C_{17}H_9O_2(OH)_2$, sehr leicht löslich in Alkohol, mit Alkalikarbonaten gelbe Lösungen. Eisenchlorid erzeugt in alkoholischer Lösung eine grünlichschwarze Färbung.

Phenolische Substanz $C_{15}H_7O_3(OH)_3$, farblose Nadeln, Schmelzpunkt 225°, löslich in Alkalihydroxyden, gibt in alkoholischer Lösung mit Eisenchlorid dunkelgrüne Färbung.

Glukosid: Trifolin $C_{22}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$, gelbe Nadeln, Schmelzpunkt 260° (unter Zersetzung). In Alkalien mit intensiv gelber Farbe löslich; mit Schwefelsäure gelbe Lösung, die sehr bald leuchtend grüne Fluoreszenz zeigt.

Bei der Hydrolyse entsteht Rhamnose und Trifolitin $C_{16}H_{10}O_6$, Schmelzpunkt bei 275°, leicht löslich in Alkohol.

$$\underset{\text{Trifolin}}{C_{22}H_{22}O_{11}} = \underset{\text{Trifolitin}}{C_{16}H_{10}O_6} + \underset{\text{Rhamnose}}{C_6H_{12}O_5}$$

Trifolitin löst sich in Alkalien mit intensiv gelber Farbe, alkoholische Eisenchloridlösung gibt dunkelgrüne Färbung und alkoholisches Bleiazetat orangegelbes Bleisalz. Es enthält keine Methoxygruppe. Scheint nicht zur Flavongruppe zu gehören, da es kein Oxoniumsalz mit Schwefelsäure, und mit alkoholischem Kaliumazetat nur schwer eine Kaliumverbindung gibt. Möglicherweise ist es Tetraoxyphenylnaphthochinon.

Das Glukosid Isotrifolin $C_{22}H_{22}O_{11}$ isomer mit Trifolin, hellgelbe Nadeln vom Schmelzpunkt bei 250°.

Bei der Hydrolyse liefert es wie Trifolin Trifolitin $C_{16}H_{10}O_6$, vom Schmelzpunkt 275°. Isotrifolin ist in Alkohol leichter löslich als Trifolin.

Außerdem enthalten die Blüten noch eine große Anzahl anderer organischer Verbindungen.

b) *Trifolium incarnatum* L., Inkarnatklee (Südeuropa).

Beträchtlicher Unterschied: Fleisch- oder karmoisinrote Kleeblumen und gewöhnliche rote Kleeblumen (*Tr. pratense*). Die Blüten von *Trifolium incarnatum* enthalten:

Pratol $C_{15}H_8O_2 \cdot (OH) \cdot (OCH_3)$ frei von Querzetin und ein

Querzetin-Glukosid $C_{21}H_{20}O_{12} \cdot 3H_2O$ Inkarnatrin, gelbe, prismatische Nadeln, Schmelzpunkt 242—245°; in Schwefelsäure mit grüner Fluoreszenz löslich. Bei der Hydrolyse gibt es Querzetin und Glukose:

$$\underset{\text{Inkarnatrin}}{C_{21}H_{20}O_{12}} + H_2O = \underset{\text{Querzetin}}{C_{15}H_{10}O_7} + \underset{\text{Glukose}}{C_6H_{12}O_6}$$

Außerdem sind noch eine Menge anderer organischer Verbindungen darin enthalten.

(Inkarnatrin ist nicht identisch mit Quercimeritrin.)

c) *Trifolium repens* L., Steinklee.

Die Blüten des weißen Klees verdanken nach Perkin und Phipps (105) ihre färbende Eigenschaft dem Querzetin, das als Glukosid vorhanden ist.

95. Rinde von Prunus emarginata, fälschlicherweise als Ersatz für *Prunus serotina* Ehrh. (*Pr. virginia* L.), enthält außer Querzimeritrin ein Glukosid:

Prunitrin $C_{22}H_{24}O_{11} \cdot 4H_2O$, feine Nadeln, gibt bei der Hydrolyse:

Prunetin $C_{15}H_9O_4 \cdot OCH_3$, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 242°, in Alkalien mit hellgelber Farbe löslich, wenig löslich in den üblichen Lösungsmitteln.

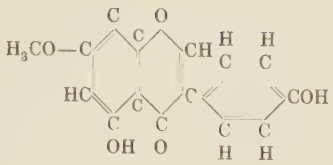
Prunetol $C_{15}H_{10}O_5$, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 290°, durch Entmethylierung von Prunetin mit Jodwasserstoffsäure erhältlich.

Prunetol-Sulfat $C_5H_{10}O_5 \cdot H_2SO_4$, gelbe Nadeln.

Beim Methylieren mit Jodmethyl entsteht:

Prunetoldimethyläther, identisch mit Prunetinmonomethyläther und ein wenig löslicher Methyläther.

Prunetin ist nach Perkin eng verwandt mit Skutellarin und kann die Konstitution haben:



96. Gelbbeeren, Persische Beeren, Avignonkörner, Graines d'Avignon, Graines jaunes, Graines de Perse, French berries, Yellow berries, Fructus Rhamni.

Die Gelbbeeren bilden einen schon seit langem zum Färben und zur Darstellung von Farben benutzten Rohstoff [vgl. Böhmer (156) II, 192]. Sie stellen die getrockneten unreifen Früchte verschiedener Arten der Gattung Rhamnus (gr. *ῥάμνος*, bei Plinius »weißer Dornstrauch«, ist gen. mascul., daher nicht *Rhamnus infectoria*, sondern *infectorius* usw.) dar, die hauptsächlich in der nördlich gemäßigten Zone, im Mittelmeergebiet und in Vorderasien verbreitet ist und in zwei Untergattungen Eurhamnus und Frangula (diese auch als selbständiges Genus) geschieden wird. Die Früchte der zur ersteren gehörenden Arten, von denen die Gelbbeeren stammen, sind steinfruchtartige Beeren mit 2—4 geschlossen bleibenden oder an der Innenseite mit einer Spalte sich öffnenden, pergamentartig-dünnschaligen, dreiseitigen, einsamigen Steinkernen. Der Same besitzt einen sehr charakteristischen Bau. Er ist an beiden Seiten der Länge nach eingerollt und zeigt daher auf der Raphenfläche eine Längsfurche, nach deren Verhalten die einzelnen Arten der Untergattung Eurhamnus zu unterscheiden sind und die Abstammung der Gelbbeeren festgestellt werden kann. Der Same setzt sich aus einer knorpligen Schale, einem fast ringförmig gebogenen (»ausgehöhlten«) Nährgewebe und einem aufrechten Keim zusammen, dessen Keimblätter im Querschnitt eine hufeisenförmige Krümmung zeigen [vgl. v. Vogl (106), Arthur Meyer (107)].

Nach den eingehenden Untersuchungen Wiesners und nach Beobachtungen von Hanausek werden die im europäischen Handel auftretenden Gelbbeeren von folgenden Rhamnusarten geliefert:

a) *Rhamnus catharticus* L. (Kreuzdorn), ein Strauch, der an Waldrändern und als Unterholz in Laubwäldern durch

fast ganz Europa, Nordafrika und Asien verbreitet ist. Die frischen, reifen Früchte werden als Kreuzbeeren [Nr. 97] medizinisch verwandt. Die unreifen bilden eine Sorte Gelbbeeren. Im reifen Zustande sind sie nach v. Vogl (106) kuglig, erbsengroß, am Grunde von dem gestielten, kleinen, scheibenrunden Unterkelch gestützt, glänzend schwarz mit bräunlichgrünem, saftigem Fleische, das vier kreuzweise gestellte braune, pergamentartige, verkehrt-eiförmig-stumpfdreiseitige, an der äußeren gewellten Seite mit einer Längsfurche, an der kantigen inneren Seite mit einer Naht versehene einsamige Steinfächer einschließt. Die unreifen Früchte sind in frischem Zustande grün, getrocknet grünlichbraun, grobrunzlig, deutlich vierknöpfig. Die Innenseite des Perikarps ist

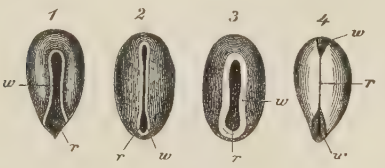


Abb. 12.
Samen von 1. *Rhamnus alaternus*, 2. *Rh. infectorius*, 3. *Rh. saxatilis*, 4. *Rh. catharticus*. *w* Wulst, *r* Ritze des Samens. Lupenbilder. (Wiesner.)

bräunlich- oder rötlichgelb, glänzend; der dreikantige Same ist braun, glatt und besitzt auf jener Seite, die der Wölbfläche des Steinkernes entspricht, infolge der Einrollung der Längsseiten eine Furche; die Seitenränder schließen eng aneinander und lassen nur an dem spitzen Ende eine Spalte frei; der die Ritze umkleidende glänzende Wulst tritt am oberen und unteren Ende der Ritze deutlich hervor (Abb. 12, 4).

Die reifen Kreuzbeeren werden auch technisch verwandt. Sie dienen zur Darstellung des Saftgrüns (Beerengrün, Blasengrün, weil der Farbstoff in einer Tierblase verwahrt wird), im gereinigten Zustande Chemischgrün genannt, das als Wasserfarbe eine beschränkte Anwendung findet.

b) *Rhamnus infectorius* L. (Färberwegdorn), Gebirge Südeuropas. Die unreifen Früchte — wie sie im Handel erscheinen — sind sehr verschieden groß, meist zwei-, seltener drei- oder vierknöpfig, im ersteren Falle etwas plattgedrückt, bräunlichgelb, feinkörnigrunzlig, stets kurz gestielt; das trockne Fleisch ist sehr spröde, die Innenseite der Fruchtwand rotgelb und lebhaft glänzend; der Same strohgelb oder dunkelbraun, die Ritze der ganzen Länge nach schmal-klaffend, da die Seitenwände sich im Verlaufe der Ritze nirgends berühren; am unteren Ende stehen sie etwas weiter voneinander ab; ein deutlicher, hellbräunlicher, erhabener und stark glänzender Wulst umgibt die Spalte, ist aber am oberen und unteren Ende stärker als in der Mitte entwickelt, sodaß es an manchen Samen den Anschein hat, als wäre er nur an den oberen Enden der Ritze vorhanden (Abb. 12, 2).

c) *Rhamnus saxatilis*, Gebirge Mittel- und Südeuropas, Vorderasien, China. Früchte in den Größenverhältnissen nicht wesentlich verschieden, bräunlichgelb oder bräunlich, dunkler als vorige, fein gerunzelt, meist zweiknöpfig, Innenseite des Perikarps purpurbraun. Die Samen besitzen eine weit klaffende Spalte, sind im Querschnitt daher halbmondförmig, gelbbraun, mit gleichfarbigem, breitem Wulst (Abb. 12, 3).

Eine Varietät, die als *Rhamnus tinctorius* Wahl et Kit. bezeichnet wird, ist in der Frucht- und Samenform hiervon nicht verschieden.

d) *Rhamnus graecus* Boiss. et Reut., Griechenland. Früchte klein, bräunlichgrün, Innenseite des Perikarps purpurbraun, Same bräunlichgelb. Ritze wie bei *Rh. infectorius*, der ganzen Länge nach klaffend, ziemlich schmal, fast ohne wulstige Umrandung.

e) *Rhamnus oleoides* L., Mittelmeergebiet. Früchte denen von *Rh. infectorius* sehr ähnlich, aber viel gleichmäßiger in der Größe, zwei- bis vierknöpfig, hellgelbbraun, oft die gelbe Farbe stärker hervortretend, Innenseite des Perikarps hellrotbraun. Same bräunlich, Ritze etwas breiter als bei *Rhamnus infectorius*, überall gleich weit, von einem starken Wulst umrandet.

Die Angaben in der Literatur, daß auch *Rhamnus alaternus* L. eine Sorte von Gelbbeeren liefere, hat schon Wiesner als unrichtig bezeichnet. Die an den sehr charakteristisch gebauten Samen (Abb. 12, 1) leicht zu erkennenden Früchte

wurden auch von Hanausek in keiner Gelbbeerensorte aufgefunden.

Zu *Rhamnus saxatilis* L., synonym *Rhamnus tinctorius* Waldst. et Kit. (Kleinasien, östl. Europa), rechnet Garcke als Formen auch *Rhamnus humilis* Maly und *Rhamnus erectus* Maly (*R. tinctorius* L.), *Rhamnus chlorophorus* Dene. = *Rhamnus tinctorius* Waldst. et Kit.

Zu erwähnen sind ferner noch *Rh. alpinus* und *Rh. pumilis* (im mittleren bis südlichen Europa), *Rh. amygdalinus* und *Rh. frangulus* L. (*Frangulus alnus* Mill.), der in Europa, Nordafrika und Mittelasien vorkommende Faulbaum.

Die im Handel erscheinenden Sorten sind teils aus den Früchten einer Art zusammengesetzt, teils bestehen sie aus einem Gemisch der Früchte mehrerer Arten:

I. Die Avignonkörner, französische Gelbbeeren, bestehen hauptsächlich aus den Früchten von *Rh. infectorius;* beigemengt finden sich die Früchte von *Rh. saxatilis,* meist nur in geringer Anzahl.

II. Persische Gelbbeeren, eine ausgezeichnete Sorte, stammen von *Rh. oleoides*; die von Wiesner untersuchte Sorte bestand aus kugligen, 4 bis 5 mm im Durchmesser haltenden vierknöpfigen Früchten, deren Oberfläche gelblich gefärbt und grobnetzförmig gerunzelt war; der Same war häufig keimlos.

III. Ungarische Gelbbeeren, ein Gemisch von Früchten von *Rh. catharticus* und *Rh. saxatilis.*

IV. Levantinische und türkische Gelbbeeren stammen von *Rh. infectorius* und *Rh. saxatilis.*

Hierher gehören auch die syrischen Gelbbeeren (aus dem Hinterlande von Alexandrette [A. Ruppin (108)]. — Die Ausfuhr betrug 1910/11: 428 255 kg im Werte von etwa 400 000 Fr.

V. Griechische Gelbbeeren von *Rh. graecus* Boiss. et Reut.

VI. Deutsche Gelbbeeren von *Rh. catharticus* L. Kreuzbeeren [Nr. 97].

VII. Spanische Gelbbeeren von *Rh. saxatilis* L. und *Rh. infectorius* L.

VIII. Italienische Gelbbeeren von *Rh. infectorius* L.

Die besten Beeren kommen aus der asiatischen Türkei und aus Persien und stammen von *Rh. saxatilis, amygdalinus* und *oleoides.*

Früher war die Kreuzbeerenproduktion in Persien, Frankreich, Spanien und Ungarn ziemlich bedeutend; heute kommen nur noch die Beeren aus der asiatischen Türkei in Frage, und selbst hier wird, trotzdem die Beeren noch ein großer Handelsartikel sind, weniger Sorgfalt auf die Anpflanzungen und hauptsächlich die Ernte gelegt.

Gute Beeren sind ungefähr von Erbsengröße, 3—4jährig, runzlig und haben ein hellgrünes Aussehen. Der Farbstoff ist nur in der Haut bzw. im fleischigen Teil enthalten. Es kommt sehr viel minderwertige Ware auf den Markt. Die Beeren werden gesammelt, bevor sie ganz ausgereift sind, und gut getrocknet. Sie führen Ursprungsnamen und sind meistens nach den Sammelplätzen benannt, z. B. Aintab, Angora, Egin, Kaissarie, Marasch, Nigda, Sileb, Sileh, Siwas, Tokat, Tschorum, Yusgat u. a.

Verschifft werden die Beeren in Samsun, Smyrna und Konstantinopel. Zur Ausladung kommen sie in Triest, Marseille, Genua, Liverpool und Havre. Sie werden hier an Großhändler verkauft, die Mengen von 10—20 000 kg zum Verkauf anbieten.

Beurteilung: Da die Probeausfärbungen nicht immer maßgebend sind, werden die Gelbbeeren nach einem Typmuster, das nach dem Aussehen beurteilt wird, gekauft.

Als Verfälschung enthalten sie manchmal 8—10 % Sand und kleine Steine. Gute und schlechte Beeren geben ungefähr gleich viel Extrakt. Der Unterschied besteht hauptsächlich in der Reinheit der Färbungen. Der größte Teil der Kreuzbeeren wird heute zu Extrakt verarbeitet, und nur kleine Quantitäten werden noch in den Färbereien und Druckereien als gemahlene Beeren verwandt.

In den Gelbbeeren (sowie auch in anderen Teilen der Rhamnus-Arten) sind die Glukoside von 3 Farbstoffen enthalten: Rhamnetin, Rhamnazin und Querzetin.

Um diese Substanzen zu isolieren, werden die Gelbbeeren mit kochendem

Wasser extrahiert, mit einer kleinen Menge Schwefelsäure versetzt und eine Stunde kochend digeriert. Die Glukoside werden auf diese Weise hydrolysiert, und die rohen Farbstoffe scheiden sich in Form eines grünlich-gelben Niederschlages ab. Das Rohprodukt wird mit kochendem Alkohol extrahiert, der hauptsächlich Querzetin, den löslichsten der drei Farbstoffe auflöst. Der Rückstand enthält jetzt noch Rhamnetin und Rhamnazin, das letztere wird entfernt durch zwei oder drei Extraktionen mit kochendem Eisessig.

Rhamnetin $C_{16}H_{12}O_7$ ist der Monomethyläther des Querzetins und bildet den eigentlich färbenden Bestandteil der Gelbbeeren, in denen es ursprünglich als Glukosid Xanthorhamnin $C_{34}H_{42}O_{20}$ enthalten ist. Rhamnetin kristallisiert in intensiv zitronengelben Nadeln, sehr schwer löslich in kochendem Wasser, in Eisessig und Alkohol, leicht löslich in heißem Phenol, aus dem es umkristallisiert werden kann. Alkalien lösen mit gelber Farbe, Alkalikarbonate nur beim Erwärmen. Mit alkoholischem Bleiazetat entsteht ein orangeroter Niederschlag. Ammoniakalische Silberlösung wird in der Kälte, Fehlingsche Lösung erst in der Wärme reduziert. Es ist zur Bildung von Farblacken befähigt. Die Färbungen ähneln sehr dem des Querzetins, doch der Eisenlack ist nur tief olivenfarben, also etwas heller.

Die Darstellung des Rhamnetins erfolgt entweder durch Hydrolyse des reinen Xanthorhamnins mit verdünnter Schwefelsäure oder direkt aus den Gelbbeeren, denen man das Glukosid mit Alkohol entzieht und den Extraktionsrückstand mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt.

Xanthorhamnin $C_{34}H_{42}O_{20}$ ist ein gemischtes (Rhamnose-Galaktose-)Glukosid des Rhamnetins. Goldgelbe Nadeln, in Wasser und heißem Alkohol sehr leicht löslich, in Äther, Benzol und Chloroform unlöslich. Von Alkalien wird es mit gelber Farbe gelöst. Mit basischem Bleiazetat gibt es ein orangefarbiges Bleisalz. Ammoniakalische Silberlösung gibt beim Erwärmen einen Spiegel, Fehlingsche Lösung wird reduziert, Eisenchlorid färbt braun. Auf gebeizter Baumwolle ruft Xanthorhamnin viel schwächere Farbtöne hervor als das Rhamnetin.

Die Spaltung des Glukosids erfolgt leicht beim Erwärmen der wässrigen Lösung mit verdünnter Schwefelsäure.

Übrigens kann das Xanthorhamnin schon durch ein spezifisches Ferment (Rhamninferment) Rhamninase, das in den Gelbbeeren enthalten ist, unter Bildung von Rhamnetin und einem komplexen Zucker Rhamninose $C_{18}H_{32}O_{14}$ hydrolysiert werden:

$$C_{34}H_{42}O_{20} + H_2O = C_{16}H_{12}O_7 + C_{18}H_{32}O_{14}.$$

Wenn Rhamninose mit kochenden verdünnten Säuren digeriert wird, spaltet es sich in 2 Moleküle Rhamnose und 1 Molekül Galaktose:

$$C_{18}H_{32}O_{14} + 4\,H_2O = C_6H_{12}O_6 + 2\,C_6H_{14}O_6.$$

Zur Darstellung des Xanthorhamnins werden grob zerstoßene Gelbbeeren 10 Stunden lang mit 85%igem Alkohol ausgekocht und der Auszug wird 24 Stunden stehen gelassen; das ausgeschiedene braune unreine Glukosid wird abfiltriert; aus dem Filtrat kristallisieren beim Stehen weitere Mengen Glukosid.

Die Wirkungsweise des Fermentes Rhamninase kann leicht gezeigt werden. Suspendiert man zerdrückte Gelbbeeren, die sich in einem Säckchen von Baumwollnessel befinden, in 40° warmem Wasser, so entsteht eine gelbe Lösung, die die Glukoside enthält. Diese Lösung wird rasch trübe, und es scheidet sich gegebenenfalls ein schwerer Niederschlag der gemischten Farbstoffe ab. Bis in die letzten Jahre wurde dieser Prozeß technisch ausgeführt und das Produkt unter dem Namen »Rhamnetin« auf den Markt gebracht.

Diese Reaktion kann auch benutzt werden, um zu unterscheiden zwischen den färbenden Eigenschaften der in den Beeren enthaltenen Glukoside und den freien durch ihre Hydrolyse erzeugten Farbstoffen: Wenn Gelbbeeren zum kalten Färbebad hinzugefügt werden und dies langsam zum Kochen erhitzt wird, so werden die Glukoside durch das Ferment hydrolysiert; taucht man andererseits die Beeren sofort in das kochende Wasser, so wird das Ferment zerstört, und man erhält eine Lösung der Glukoside. Im erste-

ren Falle gibt zinngebeizte Wolle eine orangerote, im letzteren Falle eine rein gelbe Färbung.

Rhamnazin $C_{17}H_{14}O_7$ ist der 3-3′-Dimethyläther des Querzetins und kristallisiert in hellgelben Nadeln vom Schmelzpunkt 214—215°; es ist mäßig löslich in kochendem Toluol (Unterschied von Rhamnetin und Querzetin), leichter löslich in kochendem Eisessig (Unterschied von Rhamnetin) und schwer löslich in Alkohol (Unterschied von Querzetin). In Alkalien löst sich Rhamnazin mit orangegelber Farbe, ebenso gefärbt sind das Kalk-, Barium- und Bleisalz.

Das Färbevermögen des Rhamnazins ist bedeutend geringer als das des Querzetins und Rhamnetins. Auf gebeizter Wolle erhält man folgende Färbungen:

	Chrombeize	Aluminiumbeize	Eisenbeize	Zinnbeize
Querzetin . .	rotbraun	braungelbes Orange	grünschwarz	glänzendes Orange
Rhamnetin .	rotbraun	braunorange	olivschwarz	schönes Orange
Rhamnazin .	goldgelb	orangegelb	olivbraun	olivbraun

In der Wollfärberei werden die Gelbbeeren wegen ihres Preises wenig benutzt, außerdem haben sie keinen besonderen Vorzug vor der Querzitronrinde und dem Gelbholz. In der Regel geben sie rötere Färbungen als Querzitronrinde, was auf die Hydrolyse der Glukoside durch das Ferment zurückzuführen ist. Das Quercitrin der Querzitronrinde ist nicht von einem solch spezifischen Ferment begleitet und gibt daher gelbere Töne.

Gelbbeeren werden noch in beträchtlicher Menge im Baumwolldruck zur Erzeugung gelber, orange und grüner Töne verwandt.

Gelbbeeren-Extrakte werden in großem Maßstabe durch Extraktion mit kochendem Wasser und Verdunsten des Lösungsmittels unter vermindertem Druck erzeugt.

97. Kreuzbeeren, Kreuzdornbeeren, Beeren von Rhamnus catharticus.

Der unter den Rhamnus-Arten [Nr. 96] bereits erwähnte *Rh. catharticus*, gemeiner Kreuzdorn, Wegdorn, Purgierwegdorn (Familie Rhamnaceae) kommt in Mitteleuropa als Waldbaum oder Strauch allgemein an steinigen, waldigen Orten vor; er ist auch in der Schweiz verbreitet, aber nicht häufig. Die getrockneten reifen Früchte finden als Kreuzbeeren (Fructus Rhamni cathartici off. D. A. IV, Baccae spinae cervinae) seit dem 9. Jahrhundert als Heilmittel Verwendung; auch als Gelbbeeren zum Färben sind sie altbekannt. Der Saft der Beeren mit Kalk vermischt, zur Trockne verdampft, liefert das Pigment »sap green« oder »bladder green«.

Aus den Früchten von *Rh. catharticus* haben Tschirch und Polacco (109) mehrere neue Körper wie das Rhamnozitrin ($C_{13}H_{10}O_5$), β-Rhamnozitrin, Rhamnolutin ($C_{15}H_{10}O_6$), Rhamnochrysin ($C_{13}H_{12}O_7$), Rhamno-Emodin und Rhamnonigrin ($C_{22}H_{18}O_8$) isoliert, von denen die vier erstgenannten gelbe Farbkörper darstellen. Dem Emodin verdanken die Kreuzbeeren ihre therapeutische Wirkung.

Rhamnozitrin soll ein Trioxydihydroxanthon sein, Rhamnolutin ein Tetraoxyflavon, isomer mit Luteolin und Fisetin, und Rhamnochrysin ein Oxydationsprodukt des Rhamnozitrins; β-Rhamnozitrin soll verschieden von Rhamnetin sein und keine Methoxygruppen enthalten.

Valiaschko und Krasowski (110) und Krasowski (111) fanden nur Querzetin, Rhamnetin und Xanthorhamnin; das Rhamnolutin von Tschirch und Polacco scheint Rhamnetin und das Rhamnochrysin eine Mischung von Querzetin und Emodin zu sein.

Oesch und Perkin (112) isolierten aus den Kreuzbeeren Rhamnetin und eine kleine Menge Querzetin. Rhamnetin ist nach ihnen identisch mit dem β-Rhamnozitrin von Tschirch und Polacco. Der Hauptfarbstoff ist Kämpferol $C_{15}H_{10}O_6$, identisch mit Rhamnolutin.

Eine vierte Verbindung, augenscheinlich das Rhamnozitrin dieser letzteren Autoren, besaß die Formel $C_{16}H_{12}O_6$, eher als $C_{15}H_{10}O_5$; gelbe Blättchen vom Schmelzpunkt 221—222°. Da die Verbindung eine Methoxygruppe hat, ist sie wahrscheinlich ein Monomethyläther des

Kämpferols. Mit Kämpferid (Schmelzpunkt 227—229°) ist sie wahrscheinlich nicht identisch.

Behandelt man Kreuzbeerenextrakt (20°) unter Druck und unter Erwärmen mit SO_2, so scheidet sich Rhamnetin in ziemlicher Reinheit quantitativ ab. Dieses Verfahren wurde technisch ausgeführt (Geigy 1895). Das gut lösliche Sulforhamnetin wird im Zeugdruck mit Chrom-, Aluminium- und Zinn-Beize gebraucht.

Zur Herstellung von Kreuzbeerenextrakten kann man die Beeren in einer Batterie, wie man sie für Blauholz verwendet, mit Wasser ausziehen, doch ist diese Arbeitsweise nicht günstig, weil die Beeren fest aufeinander liegen und deshalb unvollständig extrahiert werden. Besser arbeitet man in einer Art Auswaschverfahren, das man in kupfernen Kesseln vornimmt. Man kocht mit der nötigen Menge Wasser, die mit Farbstoff angereicherte Brühe wird abgelassen, filtriert und im Vakuum oder an der Luft eingedampft, wie bei Blauholz.

Um einen möglichst einheitlichen Farbstoff-Typ zu erhalten, mischt man größere Partien (etwa 30—40 000 kg) Beeren und bricht sie in Mühlwerken leicht auf. Die Art des Extraktes hängt außer von der Güte der Beeren noch von seiner chemischen Zusammensetzung ab. Stellt man ihn aus guten Beeren, die reines Xanthorhamnin enthalten, durch Eindampfen im Vakuum her, so gibt er reine lebhafte Töne mit Chrom-, Tonerde- und Zinnbeizen. Dampft man an der Luft ein, so erhält man tiefere aber weniger reine Töne. Gibt man während des Eindampfens dem verdünnten Extrakt kleine Mengen Schwefelsäure zu, die man dann im eingedickten Extrakt neutralisiert, so bildet sich eine gewisse Menge Rhamnetin, das gelöst bleibt und die Beizenfärbungen dunkler macht. Es kann sich auch in den Extraktionsgefäßen bilden, wenn diese längere Zeit mit unvollkommen ausgelaugten Beeren stehen bleiben.

Übergießt man die Kreuzbeeren mit Wasser und läßt sie einige Tage stehen, so spaltet sich das Xanthorhamnin durch Gärung so weitgehend in Rhamnetin und Rhamnose, daß man unverwendbare Extrakte erhält.

Gute Kreuzbeeren geben durchschnittlich etwa 90 % Extrakt (30° Bé), schlechtere nur 85 %. Die Kreuzbeerenextrakte werden in einer Konzentration von 20 bis 35° Bé rein oder mit Melasse verschnitten in den Handel gebracht. Sie kommen auch getrocknet und granuliert auf den Markt. Sie gehen leicht unter Kohlensäure-Entwicklung in Gärung über, oft plötzlich und besonders dann, wenn sie verdünnt und mäßig warm (25—30°) sind. Hochgradige Extrakte gären nicht. Ein Zusatz von Quecksilberchlorid, Phenol oder anderen gärungshemmenden Mitteln hindert die Zersetzung nicht immer. Am zweckmäßigsten ist es, die Extrakte noch einmal auf ungefähr 70° zu erwärmen, sie sind dann gut haltbar.

Der Kreuzbeerenextrakt war früher ein sehr wichtiger Farbstoff und findet auch heute noch vielfach Anwendung in der Baumwolldruckerei. Er gibt gut echte gelbbräunliche Chromlacke, weniger echte orange Zinn- und kanariengelbe Tonerdelacke. Man verwendet auch sehr oft die Chromzinnbeize.

Auf Wolle erhält man mit Zinn und Tonerde sehr lebhafte orange und gelbe Nuancen; auf Seide wird Kreuzbeerenextrakt nicht verwandt.

Früher wurden große Mengen eines Kreuzbeeren-Zinn-Tonerdelackes hergestellt; dieser wurde mit Albumin auf Baumwolle fixiert oder für Wolldruck (unter Zusatz von Oxalsäure zur Verdickung) angewandt.

Seit 1890 stellt Geigy Kreuzbeerenlacke vom reinsten Zitronengelb bis zum Tieforange mittels Zinnsalz und Kalialaun in ätzalkalischer Lösung bei 50° her; bei dieser Temperatur bleibt das Xanthorhamnin unzersetzt, und man erhält einen zitronengelben Xanthorhamninlack. Steigert man die Temperatur von 10° zu 10°, und läßt man immer eine bestimmte Zeit die freigewordene Säure einwirken, so erhält man alle Nuancen von zitronengelb bis tieforange. Die Zwischennuancen sind Mischlacke von Xanthorhamnin und Rhamnetin; beim Kochpunkt erhält man reines Rhamnetin. Im Stoffdruck oder beim Färben verändern sich diese Töne nicht mehr. Diese Lacke werden auch als Farblacke verwandt, auch unter Zusatz von Chromsalzen, je nach der gewünschten Nuance.

Behandelt man Kreuzbeerenextrakt mit Chromchlorid oder Kaliumbichromat, ähnlich wie den Blauholzextrakt, so erhält man ein auf Baumwolle direkt ziehendes Gelb, das man für sich oder in Mischung mit aus Blauholz- oder Rotholzextrakt hergestellten Farbstoffen oder auch mit Anilinfarbstoffen zusammen für Modetöne verwendet.

Außer in der Färberei und im Zeugdruck werden Kreuzbeeren bzw. Extrakte zum Färben von Papier, Leder, Konditoreiwaren usw. sowie zur Herstellung von Schüttgelb (Farblack, vgl. auch Nr. 161) verwandt. Walk-, Licht- und Seifenechtheit ist gut.

Die heutige Produktion kann man auf 3—400 000 kg jährlich schätzen; der Preis schwankt zwischen 0,50 und 1,60 M. für 1 kg.

98. Asbarg. Indischer (persischer) Rittersporn. Die getrockneten Blüten und Blütenstengel von *Delphinium zalil* Ait. et Hemsley (Ranunculacee), eines perennierenden, besonders in Afghanistan wachsenden Krautes, sind das unter dem Namen Asbarg zur Verwendung kommende indische Färbematerial.

Die Pflanze bildet nach Aitchison den Hauptbestandteil der Vegetation auf dem welligen Hügellande der Badghis. In der Gegend von Gulran findet sie sich in großer Menge und verleiht zur Blütezeit den Wiesen einen wunderbaren Goldschimmer, ebenso ist sie in vielen Gegenden in Khorassan (Provinz Persiens, an Afghanistan grenzend) in einer Höhe von 700 m verbreitet.

Das getrocknete Material wird nach Multan und anderen Städten des Punjab (Brit.-Indien) gebracht und von dort weiter nach Indien verschickt. Es wird hauptsächlich in der Seidenfärberei für hell-(schwefel-)gelbe Farben (unter dem Namen »gandhaki« bekannt) gebraucht, zusammen mit *Datisca cannabina* L., gelbem Hanf (Datiscacee) [Datiscagelb] auf aluminiumgebeizter Seide; ferner auch zum Baumwolldruck.

Die Blüten dienen auch als Fiebermittel.

Die Farbstoffe des Asbarg sind als Glukoside in der Pflanze vorhanden. Man kann sie am besten als Rohprodukt durch Digerieren der kochenden wässrigen Lösung mit wenig Schwefelsäure erhalten [Perkin und Pilgrim (113)]. Es scheidet sich ein bräunlichgelbes Pulver ab, das 3 Substanzen enthält: Isorhamnetin, Querzetin und Kämpferol.

Isorhamnetin $C_{16}H_{12}O_7$, 3'-Methyläther des Querzetins, isomer mit Rhamnetin, glänzende gelbe Nadeln, wenig löslich in Wasser, Alkohol und Eisessig. Erinnert im Aussehen an Rhamnetin. Die alkoholische Lösung gibt mit Eisenchlorid eine schwarzgrüne Färbung und mit Bleiazetat einen orangegelben Niederschlag.

Die färberischen Eigenschaften des Isorhamnetins sind denen des Kämpferols sehr ähnlich.

Das Färbevermögen des Asbargs ist höchstens 35% von dem der Querzitronrinde, da Isorhamnetin bedeutend schwächer färbt als Querzetin. Aluminiumbeize liefert eine reinere oder weniger orangegelbe Färbung. Die Färbekraft des Isorhamnetins ist dagegen größer als die des Rhamnazins. Auf gebeizter Wolle werden folgende Färbungen erhalten:

	Chrom	Tonerde	Eisen	Zinn
Isorhamnetin	orangebraun	zitronengelb	schwach braunoliv	orangegelb
Querzetin . .	rotbraun	braungelborange	grünschwarz	glänz. orange
Asbarg . . .	braunorange	goldgelb	braunoliv	glänz. orange
Querzitronrinde	tief braunorange	braungelb	olivschwarz	glänz. orange

Die von den Blütenstengeln befreite Droge enthält 3,47 % freien Farbstoff (nicht als Glukosid berechnet).

99. Farbstoff des Goldlacks. In den purpurfarben-braunen Blütenblättern des Goldlacks (common Yellow garden wallflower) *Cheiranthus cheiri* L. (*Erysimum cheiri* [L.] Cr.), einer in Mitteleuropa als Zierpflanze vorkommenden Crucifere, die früher im schottischen Hochlande zum Färben benutzt wurde, sind von Perkin und Hummel (114) zwei Verbindungen aufgefunden worden, die auf Aluminiumbeize eine grünlich-olivgelbe Färbung geben; die Varietät »Cloth

of Gold« erzeugt reinere Töne. Ein wässriger Auszug der Blüten dieser Varietät gibt beim Behandeln mit Schwefelsäure allmählich einen gelben Niederschlag, der durch Eingießen der konzentrierten alkoholischen Lösung in Äther gereinigt wird. Hierbei bleibt die Hauptverunreinigung als Niederschlag, während die Farbstoffe im Äther gelöst bleiben. Durch fraktionierte Kristallisation aus Alkohol gewinnt man das schwerer lösliche Isorhamnetin (Querzetinmonomethyläther) und das leichter lösliche Querzetin.

Der in gelben Nadeln kristallisierende Farbstoff ist ein Isomeres des Rhamnetins und identisch mit dem in den Blüten von *Delphinium zalil* Aitch. et Hemsley (Asbarg, indischem oder persischem Rittersporn) entdeckten Isorhamnetin (vgl. Nr. 98).

100. Gelbholz, echtes Gelbholz, gelbes Brasilholz, echter Fustik, alter Fustik, old Fustic, yellow wood, bois jaune (Brasilienholz, Kubaholz, holländisches Gelbholz, murier des teinturiers) ist das Kernholz des Stammes vom Färbermaulbeerbaum *Chlorophora tinctoria* [L.] Gaudich. (*Maclura tinctoria* D. Don, *Morus tinctoria* L., *Broussonetia tinctoria* Spreng), zur Familie der Moraceen (Unterfam. Moroideen) gehörig, eines im tropischen Amerika (Südamerika, hauptsächlich in Zentralamerika, in einzelnen Teilen Nordamerikas, auf den Antillen) und in Ostindien verbreiteten Baumes, der eine Höhe bis zu 60 m erreicht.

Das Holz ist hart, fest, von hellgelber Farbe, zuweilen von rötlichen Adern durchsetzt und kommt mit Rinde und als entrindete Kloben (splintfreie Blöcke) von 10—80 kg (im Mittel 50 kg), an beiden Enden glatt abgeschnitten, in den Handel.

Es wird auch Futeiba, Fustete genannt und kommt in mehreren, in der Qualität sehr verschiedenen und nach ihrer Herkunft bezeichneten Sorten, wie z. B. Kuba, Domingo, Tampico u. a., teils in ansehnlichen Stamm- und Aststücken, teils in Scheiten, zuweilen noch mit Resten des fahlen Splintes, auf den Markt.

Wie schon erwähnt, sind die Gelbhölzer in der Qualität je nach der Herkunft sehr verschieden. Die Bezeichnung, die als Ausdruck der Qualität des Holzes gilt, ist jeweils das Land und der Verschiffungshafen.

Die besten Qualitäten kommen aus Zentralamerika und Westindien. Die südamerikanischen Hölzer sind meistens von geringerer Qualität. Gute Hölzer haben ein gelboranges, fettiges Aussehen, werden an der Luft bräunlich und färben chromierte Wolle tief orangerot.

Sie geben bis doppelt so viel Extrakt wie minderwertige Hölzer.

Große Stücke sind oft von Rissen durchzogen, die dann mit Maklurinkalk und Morin ausgefüllt sind. Diese Schicht kann 1—8 mm dick sein.

Kuba-Gelbholz, von Kuba, äußerlich braun, innen gelb, enthält Risse, die mit Morin, Morinkalk und Maklurin ausgefüllt sind. Wird wenig mehr gebraucht.

Nikaragua (San Juan del Sur, Cerinto) ist die beste Sorte. Mexiko (Tuspan, Vera Cruz, Tampico, Tamicelma), Domingo, Costa Rica, Salvator (Le Union), Columbia (Carthagena), Panama (Colon [Aspinwall]), Venezuela (Maracaibo, Puerto Cabello, Barcelona), Jamaika, dem Kuba und Nikaragua an Wert fast gleich.

Die Hölzer werden verschifft in den Häfen, von denen sie die Namen führen und laufen an denselben wie Rot- und Blauholz an.

Für Schnitt und Extraktion gilt das gleiche, wie für diese Hölzer; neben geraspeltem oder gemahlenem Holze werden in der Färberei jetzt hauptsächlich Extrakte verwendet. Bemerkenswert ist, daß aus den Gelbholzextrakten der größte Teil des Morins und Maklurins auskristallisiert.

Während Kuba, Nikaragua und Jamaika die besten Qualitäten darstellen, ist Brasilien-Gelbholz (seltener gebraucht) sehr hellgelb und, meist von Würmern zerfressen, die geringste Sorte.

Gelbholz enthält neben dem nicht färbenden Maklurin (Moringerbsäure) als Hauptbestandteil den gelben Farbstoff Morin (abgeleitet von *Morus tinctoria*).

Morin $C_{15}H_{10}H_7$ (1,3,2′,4′-Tetraoxyflavonol), glänzende, farblose Nadeln vom

Schmelzpunkt 285 °, die mit 1 oder 2 Molekülen Kristallwasser kristallisieren; letzteres geht erst bei 135 ° weg. Es ist sehr schwer löslich in Wasser, leichter in Alkohol und Essigsäure, unlöslich in Äther und Schwefelkohlenstoff. In Alkalien löst es sich leicht mit tiefgelber Farbe, Säuren fällen es wieder aus. Die ammoniakalische Lösung reduziert Silber- und Fehlingsche Lösung schon bei gewöhnlicher Temperatur. Eisenchlorid färbt die alkoholische Lösung dunkel olivgrün. Es ist ein Beizenfarbstoff. Der Tonerdelack ist stumpf gelb, der Zinnlack kräftig gelb, Chrom färbt olivgelb, Eisen tief olivbraun.

Das Morin kommt im Gelbholz teils frei, teils gebunden an Kalk vor; es wird am zweckmäßigsten aus technischem Gelbholzextrakt (von 20 ° Bé), einem konzentrierten wässrigen Auszug, gewonnen, aus dem sich gewöhnlich größere Mengen von unreinem Morin als Bodensatz absetzen. Man rührt mit dem gleichen Volumen salzsäurehaltigen Wassers durch, wäscht damit aus, bis die Waschwässer nur noch schwach gelblich sind, preßt ab, trocknet und kristallisiert aus Alkohol um.

Man kann auch das Gelbholz mit Wasser auskochen, die Brühe auf 10 ° Bé eindampfen und einige Tage stehen lassen. Dann kristallisiert Morin oder sein Natrium-Kalziumsalz aus, das mit verdünnter Salzsäure zerlegt, aus verdünntem Alkohol umkristallisiert und über das Bleisalz oder Bromhydrat gereinigt wird.

Geigy erhielt seit 1888 durch Behandlung von Gelbholzextrakt mit Natriumbisulfit usw. technisch und chemisch reines Natrium-Kalziumsalz, das er als Kubateig, später Kalikogelb $C_{15}H_{10}O_7 + NaHSO_3$ (D. R. P. 91603, Friedl. 4,1061) in den Handel brachte und das für Kattundruck dient.

Maklurin, Moringerbsäure $C_{13}H_{10}O_6$ (1,3,5,3',4'-Pentaoxybenzophenon) ist kein Flavonderivat, sondern ein Oxyketonderivat und steht den Xanthonfarbstoffen näher, die ja Anhydride von stellungsisomeren Oxybenzophenonen sind. Der Name kommt von *Maclura tinctoria* (= *Morus tinctoria*). Es findet sich in der Flüssigkeit, die zum Auslaugen des rohen Morins oder des Gelbholzextraktes gedient hat, ist in Wasser gut löslich und kristallisiert in blaßgelben, säulenförmigen Kristallen, die 1 Molekül Kristallwasser enthalten. Bei 130—140 ° verlieren die Kristalle das Wasser und schmelzen bei 200 °. Das wasserfreie Maklurin stellt ein gelbes, kristallinisches, süß und adstringierend schmeckendes Pulver dar. In Alkohol und Äther ist es leicht löslich; Alkalien lösen es mit gelber, bald nachdunkelnder Farbe. Metallsalze geben meist gelb bis braun gefärbte Niederschläge. Maklurin hat keine färbenden Eigenschaften. Chrom-, Eisen- und Kupfersalzen gegenüber verhält es sich wie ein Gerbstoff, gerbt aber tierische Häute nicht. Sein Kalziumsalz findet sich in einigen Gelbholzsorten kristallisiert abgeschieden. Es kristallisiert auch aus den Mutterlaugen des Morins aus und kann leicht in die freie Verbindung übergeführt werden.

Die direkte Verwendung des Holzes in der Färberei hat völlig aufgehört. Es wird ausschließlich zur Extraktfabrikation verbraucht. Man extrahiert das geraspelte Holz (Hirnschnitt) ähnlich wie Blauholz. Es liefert schwächere Brühen als letzteres, was mit seinem geringen Farbstoffgehalt zusammenhängt. In den ersten Zeiten der Extraktfabrikation wurden Gelbholzbrühen in offener Pfanne eingedampft, nachher teilweise im Vakuum, dann im Chenailler-Apparat, wobei man eine Farbkraftzunahme von 20—25 % erhielt, die einer leichten Oxydation des Morins durch den Sauerstoff der Luft zuzuschreiben ist. Nach Geigy (1890) kann man diese Farbkraftzunahme verstärken, wenn man den Gelbholzbrühen während des Eindampfens 0,25—0,50 % festes Natriumnitrit (auf den 20 °-Extrakt berechnet) zugibt. Mehr Nitrit liefert zwar tiefere Färbungen, schädigt aber ihre Blume und Reinheit.

Die Gelbholzabkochungen enthalten größtenteils Morin und Natrium-Kalzium-Maklurin. Schon während des Eindampfens kristallisiert ersteres teilweise aus. Im Vakuum eingedampfte Gelbholzextrakte sind bei 20—25 ° Bé ziemlich dünnflüssig und kristallisieren zur Hälfte aus; schwach oxydierte werden schon bei diesem Stärkegrad dickflüssig. Unoxydierte Extrakte sind meistens hellgelb, oxydierte braungelb und fein auskristallisiert, oder auch rötlich gelb, je nach Be-

handlung. Gute Hölzer geben 30—31 % 20grädigen Extrakt, geringwertige nur 15—18 % 20grädigen Extrakt, manchmal noch etwas weniger. Die Gelbholzextrakte kommen flüssig in den Handel in einer Konzentration von 20—30 ° Bé oder fest in Kuchen mit etwa 15—17 % Wassergehalt oder granuliert mit 4—5 % Wassergehalt. Die Kupagen sind die gleichen wie für Blauholz.

Wertbestimmung der Hölzer und Extrakte. Zur Wertbestimmung des Gelbholzes färbt man auf mit Chromoxyd gebeizter Wolle oder auf mit Tonerde gebeizter Baumwolle aus. Das Gelbholz enthält oft bis 17 % Wasser, was man bei seiner Bestimmung berücksichtigen muß. Die Extrakte werden vergleichsweise gegen genau bekannte Typen ausgefärbt. Es zeigt sich hier wie beim Blauholz, daß reine Extrakte je nach der Art der Herstellung für schlechter gehalten werden können als kupierte. Ist ein Gelbholzextrakt oxydiert, so gibt er auf Wolle viel bessere Resultate als ein nicht oxydierter; auf mit Tonerde gebeizter Baumwolle geben die nicht oder wenig oxydierten Extrakte reinere Nuancen. Das beste Mittel, um zu erkennen, ob ein ganz reiner oder ein oxydierter und noch kupierter Extrakt vorliegt, ist die Behandlung mit Natriumbisulfit. Reine Extrakte geben reines, gut kristallisiertes Morinsalz. Die oxydierten Extrakte geben bräunliches Morin, das schlecht auskristallisiert.

Färben mit Gelbholz: Seine Hauptverwendung findet das Gelbholz in der Wollfärberei, besonders zum Nuancieren und als Untergrund für Schwarz.

Auf chromierter Wolle erhält man mit 20—80% Gelbholz helles bis dunkles Olivgelb.

Auf Tonerde gibt Gelbholz verschiedene Gelb, je nachdem in einem oder zwei Bädern gefärbt wird. 20—40 % Gelbholz gibt bei der Einbadmethode eine lebhafte Nuance.

Die lebhaftesten und echtesten Töne werden auf Zinnbeize erzielt (20 bis 40 %).

Kupfersulfat als Beize gibt ein Oliv, Ferrosulfat ein dunkles Oliv.

Die Gelbholzfarben sind nicht sehr lichtbeständig, sie verwandeln sich allmählich in ein mattes Braun, dagegen widerstehen sie sehr gut dem Walken mit Seife und schwachen Alkalien. Sie werden nur noch sehr wenig (für Blauholzschwarz) gebraucht.

In der Seidenfärberei dienen sie zum Nuancieren (sogen. »Gilbe«).

Auf entsprechend gebeizter Baumwolle und im Kattundruck erhält man sattgelbe, braune oder olivengrüne Töne.

Schließlich dient es auch zur Herstellung von »Khakifarben« in Wollen- und Baumwollgeweben (115) und zur Herstellung von Malerfarben (Kubalack, Morinlack).

Gelbholzspänchen geben übrigens schon in Wasser von gewöhnlicher Temperatur gelbe Färbung.

Ein alkoholischer Auszug des Holzes zeigt auf Zusatz von Alaunlösung nach H. Harms sofort eine schön grüne Fluoreszenz.

Anwendung des Gelbholzextraktes. Gelbholzextrakt zieht auf chromgebeizte Wolle ähnlich wie Blauholzextrakt (auch im Einbadverfahren). Man verwendet ihn auch im Wolldruck hauptsächlich in Mischung für Braun und Grau usw. Auf Baumwolle wird er mit Alaun-, Kupfer- und Eisenbeize verwendet, letztere hauptsächlich zur Herstellung von Oliv. Im Baumwolldruck benutzt man reines Morin (Kalikogelb). Schließlich gebraucht man Gelbholzextrakt auch in der Lederfärberei; hauptsächlich für Schwarz.

Statistisches: In Hamburg wurden 1912 etwa 1190 t Gelbholz im Werte von etwa 130 000 M. importiert, ferner etwa 140 t fester Extrakt; in Havre 6550 t Holz, in Liverpool 3460 t Holz, in den Vereinigten Staaten etwa 3100 t Holz im Werte von 45 800 Dollar. Etwa $^5/_6$ des Gelbholzes dürften aus Zentralamerika, $^1/_6$ aus Westindien stammen.

101. Osage Orange-Baum.

Als Stammpflanze des echten Gelbholzes wird zuweilen fälschlicherweise die Osagen-Orange *Maclura aurantiaca* Nutt. (*Morus aurantiaca* Nutt.) (Familie Moraceae, Unterfam. Moroideae) genannt, deren Blätter als Seidenraupennahrung dienen. Das Holz dieses in Nordamerika (Arkan-

sas und Texas) einheimischen, auch bei uns ab und zu angepflanzten Baumes, Bogenholz, »bow-wood«, ist ringporig, zeigt daher auffällige Jahresringe und ist vom echten Gelbholz außerdem durch hellere Parenchymzonen und ansehnlichere Markstrahlen unterschieden.

Das Holz hat lange Zeit hindurch den Indianern in der Gegend des »Roten Tales« in Texas für oberflächliche Färbungen gedient. Die damit erzielten Färbungen sind denen des Gelbholzes sehr ähnlich, nur sind die Töne reiner und etwas weniger rot. Die Untersuchung des wässrigen Auszuges zeigte, daß die färbenden Substanzen wie im Gelbholz Morin und Maklurin sind und daß der unbekannte rote Bestandteil im letztern praktisch nicht vorhanden war. Obgleich die Farbkraft bestimmter Proben von Osage Orange etwas verschieden ist, so ist sie doch im Durchschnitt der des Gelbholzes gleich, und man kann daher das Farbholz nicht allein für Textilwaren, sondern auch für Leder verwenden.

102. Jackholz, Jakholz, *Artocarpus integrifolia* L. fil. (Familie Moraceae, Unterfam. Moroideae), ist ein großer, in allen Tropenländern, besonders in Indien, Birma und Ceylon angebauter Baum, bekannt unter dem Namen Djakbaum, Jack-(Jak-)baum, Jack (Jak) tree, Jack (Jak) fruit-tree, »Kos« (Ceylon), »Nangka« (Malakka), »Nongko« (Java), »Jaqueira« (Brasilien). Seine Frucht wird wie die des Brotbaumes gegessen und gibt aus Milchsaft Kautschuk [Roxburgh (116)]. Die Rinde »Ecorce du jacquier« wird in Indien zum Gerben und Färben verwandt (117).

Die Eingeborenen auf Java, in Indien usw. benutzen das geraspelte Holz, um mit Alaun gebeizte Seide gelb zu färben (z. B. die Gewänder der birmanischen Priester).

Jackholz besitzt viel Ähnlichkeit mit dem Gelbholz; es ist aus diesem Grunde von A. G. Perkin und Cope (118) untersucht worden, wobei als eigentlich färbender Bestandteil Morin und ferner Cyanomaklurin gefunden wurde, letzteres nur in sehr geringer Menge.

Der wässrige Auszug des Holzes besitzt die charakteristische Eigenschaft, daß die gelbe Lösung beim Versetzen mit Alkalien und geringer Erwärmung eine wundervolle blaue Färbung annimmt.

Die Gewinnung von Morin und Cyanomaklurin erfolgt nach denselben Methoden wie beim Gelbholz, und ihre Trennung kann durch Bleiazetat bewirkt werden, da das Morinblei schwer, das Bleisalz des Cyanomaklurins leicht löslich ist.

Cyanomaklurin $C_{15}H_{12}O_6$ ist wahrscheinlich ein Reduktionsprodukt des Morins, in dem der Sauerstoff der CO-Gruppe im Pyronring durch Wasserstoff ersetzt ist. Es gibt farblose Prismen, löslich in warmem Wasser; mit basischem Bleiazetat einen farblosen Niederschlag, mit Eisenchlorid eine violette Färbung erzeugend. Charakteristisch ist das Verhalten der Substanz gegen verdünnte Alkalien; beim Erwärmen färbt sich die farblose Lösung tief indigoblau, dann grün und schließlich braungelb. Da die Verbindung gebeizte Zeuge nicht anfärbt, im Jackholz also gewissermaßen dieselbe Rolle spielt wie das Maklurin im Gelbholz, so hat es den Namen Cyanomaklurin erhalten.

Kocht man eine wässrige Lösung von Cyanomaklurin, so entstehen Substanzen, die mit den »Katechinanhydriden« Ettis Ähnlichkeit haben, was auf sehr nahe Verwandschaft von Cyanomaklurin und den Katechinen hindeutet. Die Änderung der Farbe des frisch geschnittenen Holzes von Gelb zur Mahagonifarbe beruht wahrscheinlich auf der Bildung solcher braunrot gefärbten Zersetzungsprodukte.

Das Jackholz färbt, wie zu erwarten ist, gebeizte Ware ganz ähnlich wie Gelbholz an, also Chrombeize olivgelb, Tonerdebeize kräftig gelb und Zinnbeize heller gelb. Dagegen ist die Farbkraft nur ungefähr ein Drittel von der des Gelbholzes.

103. Farbstoff von Myrica nagi (Myrica-Rinde): Myricetin. In der Rinde von *Myrica nagi* Thunb., Box-Myrte, haben Perkin und Hummel (119) einen zur Querzetinreihe gehörenden Farbstoff, das Myricetin (Oxyquerzetin) entdeckt.

Myrica nagi Thunb. (*M. sapida* Wall., *M. integrifolia* Roxb., *M. rubra* Sieb u. Zucc. sind Synonyma), box-myrtle oder Yangmoe in China ist ein zur Familie der

Myricaceen gehörender immergrüner Baum von angenehmem, aromatischem Geruch.

Er bewohnt die subtropischen Regionen des Himalaja östlich von Ravi, ferner die Khasia-Berge, Sylhet, findet sich aber auch im Süden von Singapore, auf dem Malaiischen Archipel, in China und in Japan.

In Bombay ist die Rinde unter dem Namen »Kaiphal« bekannt; sie gelangt aus dem nördlichen Indien in Körben von etwa 20 kg dorthin. Sie soll in Sirmur (Fürstentum im nördlichen Hindostan) zum Färben gebraucht werden, sowie als Gerbmaterial (wegen des hohen Gerbstoffgehaltes) für feine Lederwaren und als Arzneimittel. In Japan ist die Rinde unter dem Namen »shibuki« im Handel.

Myricetin, $C_{15}H_{10}O_8 \cdot H_2O$, ist ein zur Querzetinreihe gehöriger Farbstoff (1,3,3′,4′,5′-Pentaoxyflavonol), der aus dem wässrigen Auszug der Pflanze durch ähnliche Methoden gewonnen wird wie das Fisetin aus dem Fisetholz, leichter und in größerer Menge aus dem japanischen Handels-»shibuki«-Extrakt.

Zur Gewinnung des Myricetins wird die zerriebene Rinde von *Myrica nagi* mit der 10fachen Menge Wasser 6 Stunden ausgekocht, vom Rückstand abfiltriert und die Behandlung wiederholt.

Die vereinigten Filtrate werden heiß mit einer Bleiazetatlösung versetzt, wodurch die Gerbstoffe als gelblichweißer Niederschlag ausgefällt werden. Man filtriert vom Bleisalz ab und gibt in die Lösung noch so viel Bleiazetatlösung, bis keine weitere Fällung mehr dadurch erhalten wird.

Der Bleilack des Farbstoffes wird durch kochende verdünnte Schwefelsäure zersetzt, die braune Flüssigkeit durch Dekantieren vom Bleisulfat getrennt und mit Äther ausgezogen.

Der nach dem Verdampfen des Äthers zurückbleibende kristallinische Rückstand wird aus verdünntem Alkohol umkristallisiert, nachdem man ihn durch Behandeln mit Eisessig in der Hitze von wachsartigen Substanzen befreit hat. 1 kg Rinde liefert 2,3—2,7 g.

Wenn man den aus Japan stammenden Extrakt von *Myrica nagi* zur Reingewinnung des Myricetins benutzen will, so kocht man ihn zur Entfernung des Tannins mit der zehnfachen Gewichtsmenge heißen Wassers aus, dekantiert die erkaltete Flüssigkeit ab und behandelt den Rückstand noch zweimal in derselben Weise. Nach dem Trocknen auf Ton wird der Rückstand mit Alkohol ausgekocht, filtriert und zur Kristallisation gestellt. Die nach dem Einengen abgeschiedenen Kristalle werden abgesaugt (das Filtrat enthält das Glukosid Myricitrin) und so lange mit verdünntem Alkohol gewaschen, bis die Waschflüssigkeit fast farblos abläuft. Zur Reinigung wird das Produkt in das Azetylderivat: Hexaazetylmyricetin $C_{15}H_4O_8(CO \cdot CH_3)_6$, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 211—212°, verwandelt und in der üblichen Weise hydrolysiert.

Myricetin kristallisiert in gelben Nadeln, Schmelzpunkt 357°. Aus verdünntem Alkohol kristallisiert enthält es 1 Molekül Kristallwasser, das bei 160° entweicht. Es ist wenig löslich in kochendem Wasser, leicht löslich in Alkohol, unlöslich in Eisessig und Chloroform.

Von den Farbstoffen der Querzetinreihe unterscheidet es sich wesentlich durch die Färbungen, die es in Alkalilaugen hervorruft:

In verdünnter Kalilauge löst sich Myricetin mit grüner Färbung, beim Stehen an der Luft geht die Färbung über Blau in Violett und endlich Braun über.

Die alkoholische Lösung gibt mit Bleiazetat eine orangerote Fällung, mit Eisenchlorid eine braunschwarze Färbung.

Wie die Farbstoffe der Querzetinreihe verbindet sich auch das Myricetin mit Schwefelsäure, Salzsäure usw. (in Eisessiglösung) zu gelben, kristallisierenden Körpern.

Myricetinsulfat $C_{15}H_{10}O_8 \cdot H_2SO_4$, glänzende, orangegelbe Nadeln.

Myricetinchlorid $C_{15}H_{10}O_8 \cdot HCl$ zersetzt sich beim Trocknen (bei 100°) in die Komponenten.

Die färbenden Eigenschaften des Myricetins sind denjenigen des Querzetins, Fisetins, Morins usw. sehr ähnlich. Auf gebeizter Wolle erhält man

mit Chrombeize:	mit Aluminiumbeize:	mit Eisenbeize:	mit Zinnbeize:
ein Rotbraun	braunes Orange	Olivschwarz	rotes Orange

Myricitrin, Myricetinglukosid $C_{21}H_{22}O_{13} \cdot H_2O$ oder besser $C_{21}H_{20}O_{12} \cdot 2H_2O$.

Aus dem alkoholischen Filtrat von der Reinigung des rohen Myricetins scheiden sich beim Stehen Kristalle von Myricitrin ab, die zuerst mit reinem, dann mit verdünntem Alkohol gewaschen, in heißem Wasser gelöst und von etwas ungelöstem Myricetin durch Filtration getrennt werden. Die nach dem Erkalten abgeschiedenen Kristalle werden nochmals in derselben Weise behandelt und dann aus Alkohol und schließlich aus Wasser umkristallisiert. Man erhält schwachgelbe, fast farblose Blättchen, die 1 Mol. Kristallwasser enthalten, das bei 160° entweicht. Schmelzpunkt 199—200°. In verdünnten Alkalien mit blaßgelber Farbe löslich; an der Luft wird die Farbe rasch braun. Wässriges Bleiazetat erzeugt eine gelatinöse, orangegelbe Fällung; alkoholisches Eisenchlorid eine tief grünschwarze Färbung. Das Glukosid färbt gebeizte Wolle fast genau so an wie Querzitrin. Man erhält auf gebeizter Wolle

mit Chrombeize:	mit Aluminiumbeize:	mit Eisenbeize:	mit Zinnbeize:
braungelbe	goldgelbe	braunolive	zitronengelbe Töne

Bei der Hydrolyse mit verdünnter Schwefelsäure liefert Myricitrin Rhamnose und Myricetin, analog wie Querzitrin Rhamnose und Querzetin liefert:

$$C_{21}H_{20}O_{12} + H_2O = C_{15}H_{10}O_8 + C_6H_{12}O_5.$$

Es ist sehr wahrscheinlich, daß sich im Myricitrin $C_{15}H_9O_7 \cdot OC_6H_{13}O_5$ der Zuckerrest an einem der ortho-ständigen Hydroxyle befindet.

Die Rinde von *Myrica nagi* enthält Spuren eines Glukosids von einem zweiten Farbstoff, wahrscheinlich von Querzetin.

Die färberischen Eigenschaften der Myrica-Rinde sind im wesentlichen denen der anderen gelben Beizenfarbstoffe ähnlich. Auf Wolle erhält man mit Chrombeize tief olivgelbe, mit Aluminiumbeize schwachgelbe, mit Eisenbeize dunkel grünlich-olive und mit Zinnbeize leuchtend orangerote Töne, ähnlich wie mit Querzitronrinde.

Auf Baumwolle erhält man mit Aluminium- und Eisenbeizen dem Gelbholz ähnliche Töne, und manche Sorten der Myrica-Rinde besitzen stärkere Farbkraft als Gelbholz.

Myricetin $C_{15}H_{10}O_8$ findet sich auch in *Myrica rubra,* ferner in den Blättern und in der Wurzel von *Myrica gale* L., Gagelstrauch (*herba myrti brabantini,* früher in Frankreich offizinell). *Myrica gale* ist eine in Nordeuropa, Norddeutschland, Dänemark, Skandinavien, sowie in Nordengland und in Schottland (boymyrtle) und in Nordamerika überall verbreitete strauchartige Pflanze (Myricacee). Die Rinde der Pflanze scheint keinen Farbstoff zu enthalten. Obwohl die Pflanze sehr arm an Farbstoff ist (0,1 %), so war sie doch einst in Skandinavien ein geschätztes Färbematerial.

Weiteres Vorkommen von Myricetin:

Der gelbe Farbstoff des sizilianischen Sumach, eines geschätzten Gerbstoffes, der aus den getrockneten und gepulverten Blättern von *Rhus coriaria* L., Gerbersumach (Anacardiacee, Terebinthacee) besteht, ist Myricetin-Glukosid.

Ferner findet es sich in den Blättern des venetianischen Sumach *Rhus cotinus* L. (= *Cotinus coggyria* Scop.), Perückenstrauches, Färbersumachs, der das Fisetholz (young Fustic) liefert, sowie in den Blättern von *Rhus metopium* L., einer in Nordamerika und Westindien vorkommenden Sumachart.

Auch die Blätter der *Mastix-Pistacie* (*Pistacia lentiscus* L.), einer an den südlichen Küsten des Mittelmeeres vorkommenden Anacardiacee, die vor allem auf Cypern sehr häufig ist und dort »Shinia« heißt, enthalten neben zwei Gerbstoffen Myricetin und werden in Lyon zur Seidenfärberei benutzt.

Schließlich ist Myricetin noch nachgewiesen worden in den Blättern des Blauholzbaumes, logwood tree, *Haematoxylon campechianum* L. (Familie Leguminosae) und in Verbindung mit Querzetin in den Blättern des Gerberstrauches, Lederbaumes *Coriaria myrtifolia* L. (Coriariacee), im westlichen Mittelmeergebiet verbreitet, von den Franzosen »redoul« genannt, technisch als französischer Sumach bezeichnet.

Nach Everest (120) kommt Myricetin als Glukosid neben dem Anthocyanin-Pigment Violanin (Glukosid) [vgl. Nr. 50] in

den Blüten des blauschwarzen Gartenstiefmütterchens (Suttons »Black knight«) vor, was auf die Verwandtschaft der Flavonole und Anthocyane hindeutet.

104. Farbstoff der **Baumwollblüten: Gossypetin.** Die Baumwollblüten von *Gossypium herbaceum* L. (Baumwollstaude, Familie Malvaceae) gehören zu den vielen in Indien benutzten Pflanzenfarbstoffen und werden nach Watt (9) besonders im Distrikt von Manipur gebraucht zum Gelb- und Braunfärben der Wolle. Wardle (121) erhielt mit Baumwollblüten Färbungen, die ein reines Gelb, ein grünliches Gelb, ein orangerötliches und ein bräunliches Gelb bildeten.

Die Baumwollsamen enthalten einen Farbstoff, der durch Säuren in das sogenannte Baumwollsamenblau umgewandelt wird und nach Marchlewski (122) nicht identisch ist mit dem der Blüten.

In der Rinde befindet sich ein Farbstoff, der dem der Blüten in einigen Punkten gleicht.

Nach Perkin (123) befindet sich der Farbstoff größtenteils als Glukosid in den Blüten und liefert bei der Hydrolyse Gossypetin. Sie werden mit kochendem Alkohol ausgezogen, der Auszug wird auf ein kleines Volumen eingedampft, mit Wasser behandelt und mit Äther zur Entfernung von Wachs und Chlorophyll ausgeschüttelt. Die braune wässrige, das Glukosid enthaltende Lösung wird eine halbe Stunde mit Schwefelsäure gekocht, der beim Abkühlen ausfallende gelb-grüne flockige Niederschlag von rohem Farbstoff wird abgesaugt und auf Ton getrocknet, zur Reinigung in Alkohol gelöst und in Äther gegossen. Nach dem Waschen mit Wasser dampft man zur Trockne und kristallisiert aus verdünntem Alkohol um. Die Ausbeute an Rohprodukt beträgt nur 1 %.

Das Rohprodukt wird vom Querzetin durch fraktionierte Kristallisation ihrer Azetylderivate getrennt, von denen Azetylgossypetin am wenigsten löslich ist; letzteres wird dann in essigsaurer Lösung mit Schwefelsäure hydrolysiert.

Das reine Gossypetin, $C_{15}H_{10}O_8$, kristallisiert in gelben, glänzenden Nadeln vom Schmelzpunkt 311—313°, die sehr an Querzetin erinnern; es ist ziemlich leicht löslich in Alkohol, wenig in Wasser. Konzentrierte alkalische Lösungen bilden eine orangerote Flüssigkeit, die beim Schütteln und Verdünnen mit Wasser grün und schließlich schmutzig braun wird, ähnlich wie Myricetin. Eine alkoholische Lösung von Bleiazetat erzeugt in der Kälte einen tiefroten Niederschlag, der beim Kochen schmutzig braun wird; alkoholisches Eisenchlorid erzeugt eine dunkel olivgrüne Färbung. In Schwefelsäure löst sich Gossypetin mit orangeroter Farbe.

Wie Myricetin und Querzetin bildet es mit Mineralsäuren Verbindungen, die in orangeroten Nadeln kristallisieren, z. B.:

Gossypetinsulfat $C_{15}H_{10}O_8 \cdot H_2SO_4$, glänzende, orangerote Nadeln, durch Wasser zersetzt:

Gossypetinchlorhydrat $C_{15}H_{10}O_8 \cdot HCl$, orange Nadeln, durch Wasser zersetzt; ferner mit Kaliumazetat aus alkoholischer Lösung:

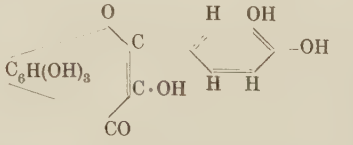
Monokaliumsalz des Gossypetins $C_{15}H_9O_8K$, orangegelbes, kristallinisches Pulver, unlöslich in Alkohol, von kochendem Wasser hydrolytisch gespalten.

Gossypetin erzeugt auf gebeizter Wolle folgende Färbungen:

mit Chrom:	mit Tonerde:	mit Eisen:	mit Zinn:
dunkles Braun	blasses Orangebraun	tiefdunkles Oliv	Orangerot

Ist im Färbebade Kalk enthalten, so sind die mit Tonerde erhaltenen Färbungen sehr verschieden, weil sich der Farbstoff bei Gegenwart von Alkalien oder alkalischen Erden rasch oxydiert. So erhält man auf mit Tonerde gebeizter Wolle bei Gegenwart von Kalk ein tiefes Gelboliv, auf Baumwolle unter diesen Bedingungen und auch ohne Kalk dasselbe Gelboliv, während ein Zusatz von Essigsäure ein Braunorange ergibt.

Gossypetin ist ein Oxyquerzetin:



An der Luft nimmt die orangerote alkalische Lösung alsbald blaue Farbe an, beim Ansäuern fällt ein rötlich-brauner Niederschlag, der bei mäßigem Erwärmen kristallinisch wird. Die so erhaltene Substanz

Gossypiton, $C_{15}H_8O_8$, besteht aus winzigen Nädelchen von schmutzig roter Farbe, schwer löslich in den üblichen Lösungsmitteln. Es löst sich in verdünnten Alkalien mit rein blauer, in Schwefelsäure mit schmutzig brauner Farbe. Natriumhydrosulfitlösung verwandelt es in Gossypetin zurück.

Gossypiton hat starke färberische Eigenschaften; auf gebeizter Wolle gibt es folgende Färbungen:

mit Chrom:	mit Aluminium:	mit Eisen:	mit Zinn:
schmutzig braun	braun-orange	tief olivgrün	rotorange

Da diese mit denen von Gossypetin identisch sind, so erfolgt während des Färbeprozesses Oxydation des letzteren zu Gossypiton.

Die in den Baumwollblüten vorhandenen Glukoside sind von Perkin (124) zuerst an der ägyptischen Baumwolle untersucht worden, die nach den Forschungen von Fletcher und Ball eine natürliche Kreuzung der Peru- und der Sea-Island-Baumwolle zu sein scheint.

Ein konzentrierter alkoholischer Auszug der Blüten schlägt beim Abkühlen ein halb-kristallinisches Pulver nieder, das in der Hauptsache aus den Kaliumsalzen zweier Glukoside: Querzimeritrin und Gossypitrin besteht, während ein drittes Glukosid: Isoquerzetin im Filtrat vorhanden ist. Eine rohe Trennung läßt sich auch mit wässrigem Bleiazetat durchführen, da die Fällung von Isoquerzetin nicht von Belang ist. Die Trennung und Reinigung von Querzimeritrin und besonders von Gossypitrin ist sehr umständlich und es muß hier auf die Originalliteratur (s. o.) verwiesen werden.

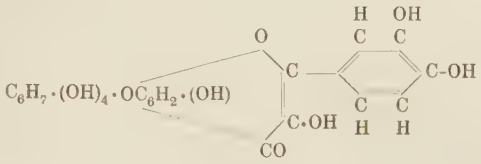
Querzimeritrin, $C_{21}H_{20}O_{12} \cdot 3\,H_2O$, kleine, glänzende, leuchtend gelbe Blättchen vom Schmelzpunkt 247—249°, unlöslich in kaltem und leicht löslich in kochendem Wasser. In Alkalien mit tiefgelber Farbe löslich; Bleiazetatlösung gibt leuchtend roten Niederschlag, Eisenchlorid eine olivgrüne Färbung. Alkoholisches Kaliumazetat erzeugt Monokalium-Querzimeritrin, gelbes Pulver, das mit verdünnter Schwefelsäure Querzetin und Glukose liefert:

$$C_{21}H_{20}O_{12} + H_2O = C_{15}H_{10}O_7 + C_6H_{12}O_6,$$

analog wie Querzitrin in Querzetin und Rhamnose gespalten wird. Auf gebeizter Wolle erhält man:

mit Chrom:	mit Aluminium:	mit Eisen:	mit Zinn:
rötlich-braune	orange-gelbe	oliv-braune	leuchtend orange Töne.

Formel:



$= C_{21}H_{20}O_{12}$.

Gossypitrin, $C_{21}H_{20}O_{13}$, wird am besten aus *Gossypium neglectum* (Tod) hergestellt; aus verdünnter Essigsäure mit 2 Molekülen Kristallwasser, leicht löslich in heißem Wasser, beim Kochen gelbe Nadeln der wasserfreien Substanz vom Schmelzpunkt 240—242°. Kocht man die wasserhaltige Substanz mit Azeton, so erhält man feine Nadeln, die ein Molekül Kristallwasser enthalten und bei 200 bis 202° schmelzen. Man hat also zwei ineinander überführbare Modifikationen.

Gossypitrin löst sich in Alkalien mit hellgelber Farbe und gibt mit Bleiazetat einen tiefroten Niederschlag. Es ist fast unlöslich in kochendem Azeton, zum Unterschied von Querzimeritrin, das darin gut löslich ist.

Bei der Hydrolyse gibt es mit verdünnter Schwefelsäure Gossypetin und Dextrose:

$$C_{21}H_{20}O_{13} + H_2O = C_{15}H_{10}O_8 + C_6H_{12}O_6.$$

Die Färbungen des Glukosids auf gebeizter Wolle sind folgende:

mit Chrom:	mit Aluminium:	mit Eisen:	mit Zinn:
rötlich-braun	schmutzig-gelb	dunkel olivbraun	leuchtend orange

Gossypitrin reagiert wie Gossypetin selbst mit Benzochinon und gibt ein Chinon: Gossypitron, $C_{21}H_{18}O_{13}$, dunkelrotbraune Nadeln, Schmelzpunkt bei 255—259°; mit warmer verdünnter Schwefelsäure wird es in Gossypitrin zurückverwandelt, und dieselbe Umwandlung scheint sich beim Färben zu vollziehen, da die erhaltenen Färbungen identisch sind mit denen von Gossypitrin.

Isoquerzitrin, $C_{21}H_{20}O_{12} \cdot 2\,H_2O$, kristallisiert aus verdünntem Alkohol in

hellgelben Nadeln vom Schmelzpunkt 217—219 °. Es ist wenig löslich in Wasser und leicht löslich in Alkalien mit tiefgelber Farbe. Wässrige Bleiazetatlösung gibt leuchtend gelben Niederschlag, ganz verschieden von dem tiefroten des isomeren Querzimeritrin-Isoquerzitrin, hydrolysiert leichter als Querzimeritrin und liefert identische Produkte:

$$C_{21}H_{20}O_{12} + H_2O = C_{15}H_{10}O_7 + C_6H_{12}O_6.$$

Die Färbungen mit Isoquerzitrin sind ganz von denen des Querzimeritrins verschieden und erinnern, obwohl sie heller sind, an die von Querzitrin:

mit Chrombeize:	mit Aluminium:	mit Eisen:	mit Zinn:
bräunlich-gelb	gold-gelb	bräunlich-oliv	zitronen-gelb

Die Zuckergruppe dürfte nicht wie beim Querzimeritrin am Phlorogluzinkern, sondern ähnlich wie beim Querzitrin an einer der anderen Hydroxylgruppen sitzen.

Der wässrige Auszug der ägyptischen Baumwollblüten gibt bei der Hydrolyse 1,86 % rohen Farbstoff, der annäherungsweise zu 10 % aus Gossypetin besteht.

Die Baumwollblüten selbst färben wesentlich anders als das Gossypetin.

Beize:	Chrom:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
Färbung: . .	rötlich-braun dunkel braun-gelb	grün-lichgelb dunkel-gelb	oliv-braun dunkel-oliv	orange-braun

Farbstoffe anderer Baumwollarten. In der Baumwolle treten verschiedene Farbstoffe auf. Der Farbstoff der Nankingwolle (von *Gossypium religiosum* L. und *G. flavidum*) hat seinen Sitz in der Zellmembran. Ob er dort entstanden ist oder von der Membran aus dem Zellinhalte aufgenommen worden ist, bleibt noch zu entscheiden. Der Nankingfarbstoff ist in Wasser, Alkohol und Äther, desgleichen in nicht oxydierend wirkenden Säuren und Alkalien unlöslich. Durch längere Einwirkung von Salpetersäure oder Chromsäure wird aber dieses Pigment völlig zerstört. — Der gewöhnliche Farbstoff der lichtgelblichen — anscheinend weißen — Wollen und der zugehörigen Grundwollen hat ebenfalls seinen Sitz in der Zellmembran. Dieser Farbstoff wird durch Einwirkung von Säuren rosenrot, durch Alkalien smaragdgrün. Diese Farbänderungen und die Löslichkeit in Wasser führen zu der Annahme, daß dieses Pigment nahe verwandt ist mit dem Anthocyan — dem gewöhnlich roten oder violetten Pigmente vieler Zellsäfte — und daß dieser Farbstoff im Zellsaft gebildet und beim Eintrocknen der Zellen von der Zellhaut aufgenommen wird. Es kann wohl kaum einem Zweifel unterliegen, daß die grünlichen und schwach rötlichen Baumwollen durch dasselbe Pigment gefärbt sind. Nach Heldreich kommt auf Santorin eine Spielart von *Gossypium herbaceum* mit rötlich gelber Wollfarbe vor. — Manche Grundwollen, besonders die an den Samen von *Gossypium hirsutum* L. auftretenden, sind schon an und für sich smaragd-grün gefärbt. Diese grüne Farbe, die ebenfalls ihren Sitz in der Zellmembran hat, verwandelt sich auf Zusatz von Säure sofort in Rosenrot und kann nur durch Ammoniak wieder in Grün übergeführt werden, wie viele anthocyanhaltige Blüten, die neben Anthocyan (das als solches durch Alkalien blau wird) noch durch Alkalien sich gelbfärbende Substanzen enthalten, durch Alkalien grün gefärbt werden. Das Grün ist hier, wie leicht ersichtlich, eine Mischfarbe aus Blau und Gelb.

Unter den verschiedenen Typen der Baumwollblüten sind rote, blaßrote, gelbe und weiße. In der Nachkommenschaft der Kreuzung zwischen roten und gelben Blüten erscheinen in der zweiten und folgenden Generation rote und gelbe Pflanzen, reine Töne, wohingegen in der Nachkommenschaft der Kreuzung zwischen roten und weißen Blüten alle vier Formen rein erzeugt werden.

1. Rotblühende Typen: *G. arboreum* L. Westafrika, Guinea (angebaut in Ägypten, Indien, China u. a.), *G. sanguineum* Harsk.

2. Gelbe und weiße Typen: Zwei Varietäten von *G. neglectum* (Tod), gewöhnlich als eine Spezies behandelt, aber genauer zu bezeichnen als *G. neglectum* und *G. rossrum.*

Die roten Blüten von *G. arboreum* L. enthalten Isoquerzitrin, während Querzimeritrin und Gossypitrin fehlen;

wohingegen in den gelben Blüten von *G. neglectum* Gossypitrin und Isoquerzitrin anwesend sind und Querzimeritrin zu fehlen scheint.

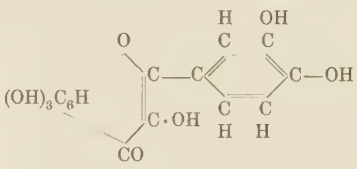
Andererseits geben die weißen Blüten von *G. neglectum* und die blaßroten von *G. sanguineum* nur Spuren von Farbstoffen, die in ihren Eigenschaften dem Querzetin und Apigenin ähnlich sind.

Die Untersuchung der Blüten von *G. herbaceum* L., Indischer Baumwolle ergab dieselben Resultate wie *G. neglectum*. Vgl. Perkin (125) und Leake (126).

Gossypetin ist auch nachweisbar in den Blüten von *Hibiscus sabdariffa* L. oder »red sorrel« von Westindien, einem kleinen Strauch (Fam. Malvaceae), der in den heißen Gegenden von Indien und Ceylon angebaut wird [Perkin (127)]. Die Stengel liefern den »Rozelle hemp« des Handels durch Rösten der Stengel, sobald die Pflanze blüht. Die gelben Blüten färben gelb, werden jedoch in Indien für diesen Zweck nicht gebraucht; andererseits werden die roten Kelche in unbekanntem Ausmaße in zwei entfernten Gegenden des Landes gebraucht [Burkill (128)].

105. Afrikanische Ringelblume (African marigold). Tagetes patulus. *Tagetes patulus* L. ist eine zur Familie der Compositen gehörende, in Mexiko einheimische Pflanze, deren Blüten — früher in Europa als *flores africani* offizinell — einen gelben Farbstoff: Querzetagetin, $C_{15}H_{10}O_8$, enthalten, schwachgelbe Kristalle vom Schmelzpunkt 318°. Da es in seinem Aussehen und in seinen Haupteigenschaften dem Querzetin ähnlich war, hat es obigen Namen erhalten. Andererseits ist es durch Kristallform, Löslichkeit in 60%igen Alkohol und Analyse vom Querzetin verschieden. Perkin (129) isolierte den Farbstoff, der in den Blüten als Glukosid reichlich vorhanden ist, indem er den konzentrierten alkoholischen Auszug mit Wasser verdünnte, wobei eine viskose Verunreinigung niedergeschlagen wurde, die durch Äther entfernt wurde. Die klare Flüssigkeit wird mit wenig Salzsäure gekocht und beim Abkühlen scheidet sich eine kleine Menge Farbstoff ab. Man wiederholt die Ätherausschüttlung und kristallisiert das Rohprodukt aus verdünntem Alkohol um, dessen vollständige Reinigung über das Azetylderivat und dessen Hydrolyse erfolgt.

Querzetagetin $C_{15}H_{10}O_8$ oder aus verdünntem Alkohol $C_{15}H_{10}O_8 \cdot 2\,H_2O$ bildet hellgelbe glänzende Nadeln oder Blättchen vom Schmelzpunkt 318°. Sehr verdünnte Alkalien lösen es mit rein gelber Farbe, die durch Oxydation an der Luft oliv und schließlich tiefbraun wird. Diese Farbänderungen sind jedoch nicht so charakteristisch, wenn stärkeres Alkali (10 %) benutzt wird. Alkoholisches Eisenchlorid erzeugt olivgrüne Färbung, wohingegen kaltes alkoholisches Bleiazetat einen orangeroten Niederschlag erzeugt, der beim Stehen gelber wird und schließlich eine grüne Farbe annimmt. Querzetagetin bildet mit Mineralsäuren leicht Oxonium-Salze, z. B. ein Sulfat $C_{15}H_{10}O_8 \cdot H_2SO_4$, schöne orangerote Nadeln, Monokaliumsalz des Querzetagetins $C_{15}H_9O_8K$ orangegelb. Azetylquerzetagetin $C_{15}H_4O_8(CO \cdot CH_3)_6$, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 209—211°. Formel des Querzetagetins:



Es färbt auf gebeizter Wolle ähnlich wie die bekannten Flavonol-Farbstoffe:

Beize:	Chrom:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
Färbung:	schmutzig olivgelb	gelb-orange	bräunlich-schwarz	braun

In den Blüten ist eine geringe Menge eines weniger löslichen Farbstoffes, der 1 % des rohen Querzetagetins ausmacht. Er kristallisiert aus Alkohol in kleinen Nadeln und löst sich in Alkalien mit einer orangeroten, beim Verdünnen in Grün übergehenden Farbe. Obwohl er dem Rhamnetin (Querzetinmonomethyläther) ähnlich ist, so enthält er doch keine Methoxygruppe.

Färbende Eigenschaften der Blüten von *Tagetes patulus* L. Auf gebeizter Wolle wurden erhalten:

Beize:	Chrom:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
Färbung:	gelblich braun	helles schmutziges Gelb	bräunlich-schwarz	tief orangegelb

Die Färbungen besitzen einen etwas röteren Ton als die mit Querzitronrinde. Da Querzetagetin in den Blüten hauptsächlich als Glukosid vorkommt, so wird der Farbeffekt augenscheinlich diesem zuzusprechen sein.

106. Rotholz, Brasilholz, Brasilienholz, Fernambukholz, Bahamaholz, Bahiaholz, bois de Fernambouc, red wood, Brazil wood.

Das Rotholz wurde schon lange vor der Entdeckung Amerikas in Europa verwandt, da es von Ostasien aus, wo man es seit den ältesten Zeiten zum Färben benutzte, eingeführt wurde. So spricht der Spanier Kimichi (um 1190) von Farbhölzern, die den Namen Bresil oder Brasil führen (von braza = Feuerglut), und als die Spanier um 1500 Brasilien entdeckten, soll dieses Land von jenen Farbhölzern seinen Namen erhalten haben, da sie massenhaft dort vorgefunden wurden.

Unter Brasilienholz (westindischem Rotholz) versteht man die sogenannten löslichen Rothölzer, d. h. solche, die zum Unterschied von den Farbstoffen des Sandelholzes, barwood, caliaturwood, Narrawood und camwood ihren Farbstoff leicht an kochendes Wasser abgeben und auf aluminiumgebeizten Textilmaterialien leuchtend rote Färbungen geben.

Die verwandten Qualitäten des Rotholzes zeigen ziemlich große Verschiedenheiten im Farbstoffgehalt und Farbton, so daß wahrscheinlich nicht alle Rotholzarten den gleichen Farbstoff enthalten oder aber, daß diese Erscheinungen durch Nebenprodukte hervorgerufen werden. Botanisch sind die löslichen Rothölzer alle verwandt.

Der Rotholzbaum gehört, wie der des Blauholzes, zur Familie der Leguminosen, Unterfamilie Caesalpinioideae, Gattung Caesalpinia, und findet sich in den Tropen ziemlich verbreitet, in Ostindien, Süd- und Zentralamerika, den Antillen und Afrika (Liberia, Gold- und Sklavenküste usw.).

Die Caesalpiniaceen sind ein altes Geschlecht; O. Heer hat in der fossilen Flora der schweizerischen Molasse (Oeningen und Lausanne) mehrere Arten davon nachgewiesen.

Gegen neun Varietäten werden als Farbstoffe benutzt, von denen die wichtigsten folgende sind:

1. Das Fernambuk-, Pernambuk- oder Fernambourgholz, bois de Fernambouc, brazilwood, ital.: legno del Brasile o Fernambuco, auch westindisches Rotholz genannt, ist das an Farbstoff reichste und stammt von *Caesalpinia crista* L. Es sind große, gekrümmte Bäume bis zu 40 cm Durchmesser, mit knorrigem Stamm und dicker Rinde, besonders häufig in den Wäldern von Brasilien und Jamaika. Dieses Holz ist die geschätzteste Sorte. Die Blöcke und Scheite, die sehr oft ein N eingebrannt haben, kommen meistens aus dem Gouvernement Paraibo und werden über Pernambuko (daher der Name) ausgeführt. Das Holz ist sehr hart und fest, außen rot, innen auf frischem Schnitt hellgelb, an der Luft durch Oxydation rasch dunkelrot und braun werdend. Es kommt entrindet in kurzen runden, abgesägten oder abgeplatteten Blöcken von 2—30 kg Gewicht in den Handel, seltener in 2—3 m langen Stücken bis zu 200 kg Gewicht. Es gehört zu den besten Farbhölzern, doch gibt es auch geringere Sorten.

2. Das echte Brasilienholz, Bahiarotholz, Bahiaholz, brasilianisches Rotholz, brazilwood, stammt von *Caesalpinia brasiliensis* Sw. und wird über Bahia, Buenos-Aires u. a. in Blöcken von 10—60 kg exportiert. Es stammt nur aus Brasilien und ist immer dunkler als Fernambukholz, soll aber nur die Hälfte Farbstoff wie dieses enthalten. Kommt oft in harten, viereckigen, politurfähigen Stücken in den Handel.

3. Sapan- (Sappan- oder Japan-) holz, bois du Japon, Japanwood, sapanwood, unechtes rotes Sandelholz, ostindisches Rotholz, stammt von *Caesalpinia sappan* L. und ist in den wärmeren Gegenden Asiens (Siam, China, Japan, Cochinchina, auf den Philippinen, Celebes, Java, in Ostindien) sowie auf den westindischen Inseln, den Antillen und in Brasilien verbreitet. Es kommt in rindenfreien harten Knüppeln in den Handel, die von hartem, rotem Holze sind und innen gelbes Mark oder auch einen Kanal haben. Man unterscheidet nach dem Ursprungsorte verschiedene Sorten:

Sapan-China, Sapan-Java, Sapan-Padang, Sapan-Bimas, Sapan-Siam usw.

Sapan-Bimas (von Bimas auf der Insel Sumbawa) ist die beste Sorte, die gutem Fernambukholz nur wenig nachsteht.

4. Das sogenannte Limaholz von Süd- und Mittelamerika ist eine Varietät des Sapanholzes (Costarica-Rotholz) und bildet teils Stücke von 27—33 mm Durchmesser, teils entrindete Blöcke von etwa 1,5 m Länge und 10—20 cm Durchmesser, die dem St.-Martha-Holz (peachwood) im allgemeinen sehr ähnlich sind. Es ist dunkler als Fernambukholz, innen etwas bräunlich und farbreich: es führt noch die Namen: Lima Vera-Gruz, Lima Tehuantepec, Lima Piastla, Lima Altata und Lima Mazatlan.

5. St.-Martha-Holz (Martenholz), bois du sang, peachwood von *Caesalpinia echinata* Lam., die in den nördlichen Staaten Südamerikas, in Zentralamerika und in der Sierra Nevada von Mexiko vorkommt. Lange, gefurchte Scheite, etwa 15—20 kg schwer, ungespalten oft mit Splint und Rinde. Es nimmt unter den Rothölzern den zweiten Rang ein.

6. Nikaraguaholz, dem Lima- und St. Marthaholz sehr ähnlich, bildet armdicke gewundene, gefurchte und berindete Stücke, die wahrscheinlich die Äste von *Caesalpinia echinata* Lam. sind.

Das Farbholz von den Philippinen ist eine geringere Qualität des Sapanholzes (*Caesalpinia sappan* L.).

7. Brasilietteholz. Unter diesem Namen kommen geringere Rotholzsorten, die von einem der Gattung Balsamodendron zugehörigen Strauche stammen, der auf den Antillen (Jamaika), Guyana und den Bahamainseln einheimisch ist, in den Handel. Sie werden deswegen auch Jamaika- oder Bahamarotholz genannt und bilden 5—6 cm dicke, rindenfreie, aber von einer weißlichen Schicht überdeckte Stücke.

Außer diesen Hölzern sind noch zu erwähnen:

Kalifornienholz, aus den Wäldern Kaliforniens und Terrafirmaholz von Terrafirma (Kolumbia), beide von nicht näher bekannten Caesalpiniaarten. Ersteres bildet harte, knotig-gewundene Stücke, die an der Luft sich noch dunkel färben, letzteres ästige, harte Knüppel, dem Nikaraguaholz ähnlich; innen ist es goldgelb gefärbt.

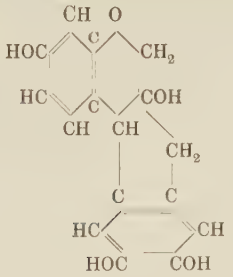
Kein Rotholz gibt die gleiche Nuance wie das andere; es zeigen sich hier viel größere Unterschiede als beim Blauholz.

Die Fabrikation der Rotholzextrakte ist gerade so wie die der Blauholzextrakte.

Das Rotholz enthält eine in reinem Zustande farblose Verbindung, das Brasilin, das durch Oxydation in den eigentlichen Farbstoff, das Brasileïn übergeht.

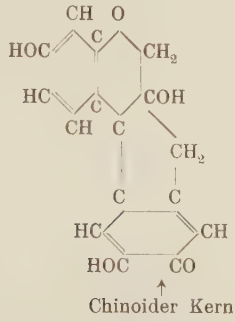
Brasilin, $C_{16}H_{14}O_5$, ist teils als solches, teils als Brasilinkalzium im Rotholze enthalten und geht aus diesem in den Rotholzextrakt über, aus dem es sich nach dem Eindicken im Verlaufe längeren Lagerns mitsamt der Kalziumverbindung in Form von kristallinischen Krusten abscheidet. Diese sind das beste Material zur Gewinnung des reinen Brasilins. Man erhält letzteres, indem man die Krusten mit sehr verdünntem Alkohol unter Zusatz von Salzsäure und Zinkstaub auskocht und die entstandene heiß filtrierte Lösung kristallisieren läßt. Dabei scheidet es sich je nach der Konzentration in anscheinend rhombischen Prismen mit 1 Mol. Kristallwasser oder in farblosen Nadeln mit $1^1/_2$ Mol. Kristallwasser ab. Es ist ziemlich leicht löslich in Wasser, Alkohol und Äther; löst sich in verdünnten Alkalien bei Luftzutritt mit schöner fluoreszierender Karminfarbe unter Bildung von Brasileïn. Aus der wässrigen Brasilinlösung fällt Bleizucker farbloses Brasilinblei $C_{16}H_{12}O_5Pb + H_2O$, kleine Nadeln, die bei 130° das Kristallwasser verlieren. Geht durch Essigsäureanhydrid in Triazetylbrasilin $C_{16}H_{11}O_5 \cdot (CO \cdot CH_3)_3$, Nadeln vom Schmelzpunkt 105—106°, und Tetraazetylbrasilin $C_{16}H_{10}O_5 \cdot (CO \cdot CH_3)_4$, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 149—151° über. Es färbt Wolle und Baumwolle auf Alaun- und Zinnbeize alizarinlackfarbig unter Brasileïnbildung, Wolle nach Beizen mit Kaliumbichromat schön braun und wird auch zum Färben mikroskopischer Präparate benutzt.

Konstitution des Brasilins:



Brasileïn, $C_{16}H_{12}O_5$, enthält zwei Wasserstoffatome weniger als das Brasilin und wird durch die Oxydation des letzteren mit Luft, alkoholischer Jodlösung, Kaliumjodat, salpetriger Säure, Salpetersäure usw. dargestellt. Im großen verwendet man mit Luft verdünntes Stickstoffdioxyd, das man durch die Lösung bzw. durch den gut abgeklärten Rotholz-Extrakt leitet. Man erhält so leicht graue, silberglänzende Blättchen, die nur wenig löslich in Wasser, unlöslich in Äther, reichlich löslich in Alkohol (mit lebhafter rötlicher Fluoreszenz) und in Essigsäure sind. Alkalien lösen mit purpurroter Farbe. Mit Schwefelsäure, Chlor- und Bromwasserstoffsäure bilden sich unbeständige Oxoniumsalze. Färbt ähnlich wie Brasilin, jedoch satter.

Konstitution des Brasileïns:



Zur Verarbeitung des Rotholzes schneidet man es als Hirnschnitt oder Pulver. In der Färberei wird es als solches nur noch in kleinen Mengen verwandt, nachdem es mit Wasser, das wenig Ammoniak enthält, angefeuchtet worden ist.

Für die Extraktion wird der Hirnschnitt verwendet. Man verfährt wie beim Blauholz. Werden die Brühen, die ungefähr 1,5° Bé zeigen, sofort auf 25—30° Bé eingedampft, so erhält man einen rötlichbraunen etwas harzigen Extrakt, der beim Verdünnen mit Wasser trübe wird.

Die Rotholzbrühe wird auf 5—6° Bé eingedampft, geklärt und weiter auf 12° Bé eingedampft. Nach nochmaliger Klärung dampft man im Vakuum auf die gewünschte Stärke ein. Die so erhaltenen Extrakte sind schwach oxydiert, gut in Wasser löslich und geben reine Nuancen. Das bei dieser Abkühlung ausgeschiedene Produkt wird in kochendem Wasser gelöst, die klare Lösung auf Extrakt verarbeitet und der wenig lösliche harzige Teil, der noch sehr farbstoffreich ist, an die Tapetenfabriken verkauft.

Die Rotholzbrühen fluoreszieren, je nach der Qualität des verwandten Holzes, manchmal sehr stark. Oxydierte Extrakte werden nicht oder nur wenig hergestellt.

Die verschiedenen Holzqualitäten geben verschiedene Nuancen, die im Handel einer gewissen Mischung von Hölzern entsprechen. $^1/_2$ Fernambuk, $^1/_2$ Lima oder $^2/_3$ Lima, $^1/_3$ Fernambuk usw.

Die Fernambukstämme und Limarothölzer geben 14—16 % abgeklärten Extrakt (30° Bé), Fernambukäste etwa 12 bis 14%, Sapanholz 15—17%. Wird sofort nach der Extraktion auf 30° Bé eingedampft, so erhält man 2—3% Mehrausbeute.

In den Abklärungsrückständen setzen sich oft bis zu 1 cm dicke Krusten an, die, wenn der Extrakt abgeklärt ist, aus ziemlich reinem Brasilin bestehen und zu dessen Darstellung dienen.

Die Rotholzextrakte werden heute noch in der Baumwolldruckerei verwandt, in der Baumwollfärberei nur wenig für Modenuancen, in der Woll- und Seidenfärberei gar nicht mehr. Zum Färben der Baumwolle wird diese mit einem Gerbstoff, z. B. Sumach und Zinnsalz gebeizt. Man nuanciert mit Gelbholzextrakt oder Kurkuma. Als Beizen dienen auch Alaun, Eisensalze usw. Die damit erzielten Färbungen sind wenig licht-, chlor-, seifen- und säureecht; vor allem werden sie ganz allgemein durch Säuren und Alkalien verändert und deshalb immer mehr durch die künstlichen organischen Farbstoffe verdrängt, wie dies in der Seidenfärberei schon lange der Fall ist; es ist wohl nur noch eine Frage der Zeit, daß das

Rotholz aus der Färbereitechnik ganz verschwindet.

Früher wurde Rotholz als Zusatz zu Garancin [Nr. 10] zu den sogenannten Garacinartikeln viel benutzt.

Baumwollfärberei: Baumwolle mit Gerbstoff und basischem Aluminiumsulfat behandelt, gibt matte, bläulichrote Färbungen; Zinnbeizen geben ein orangefarbiges Rot, mit Tonerde zusammen ein Scharlachrot (unter Zusatz eines gelben Farbstoffes [Gelbholz]); Eisenbeizen liefern violettgraue Nuancen, Mischungen mit Tonerdebeize und Zusatz von Blauholz dunkle Purpurfarben.

Baumwolldruck: Rotholzextrakt wird hier beim Türkisch-Druck zum Blenden (= Sichtbarmachen) der Tonerdebeize verwandt, ferner in Mischungen (mit Cachou usw.).

Wollfärberei: Kaliumbichromatbeize gibt mit Rotholz violettgraue bis bordeauxbraune Färbungen; Aluminiumsulfat und Weinstein liefern bläulichrote, durch Zusatz von Zinnchlorür und einem gelben Farbstoff mehr ins Scharlachrote spielende Färbungen. Auf Zinnchlorürbeize, die ein lebhaftes Rot gibt, muß bei Gegenwart von viel Weinstein ausgefärbt werden.

Statistik: Der Preis für Rotholz schwankt zwischen 16 und 20 M. für 100 kg. Der Import von flüssigem Extrakt (80—90 M. für 100 kg) und von festem Extrakt (130 M. für 100 kg) ist äußerst gering.

Die Hauptimporthäfen sind Havre, Hamburg und Liverpool.

Ergänzung zu Nr. 106.

Weiteres Vorkommen von Brasilin: Tournesol ist ein roter Farbstoff, der in Südfrankreich aus den Blumenblättern, den Früchten und dem Safte von *Crozophora tinctoria* Just (= *Croton tinctorium* L.), einer in Südeuropa, im Mittelmeergebiet, Nordafrika und Ostindien, insbesondere in Südfrankreich vorkommenden Euphorbiacee, gewonnen wird und wahrscheinlich nur Brasilin enthält.

Über die schon seit langer Zeit geübte Methode, mit dem ausgepreßten Saft der grünen Teile dieser Pflanze reine Zeuglappen, vor allem Leinwandlappen, anfänglich grün und durch darauffolgende Einwirkung von Ammoniakdämpfen (durch Aufhängen in Pferdeställen) unter Entwicklung des Farbstoffes rot zu färben, wodurch die noch jetzt in großer Menge im Handel vorkommenden Bezetten (Tournesol) entstehen, s. Nissol (130).

Nach neueren Angaben wird nur der Saft der Früchte und der Blumenblätter verwandt oder einfach durch Brasilin ersetzt (nach T. F. Hanausek). In Holland wird der Käse mit Bezetten gefärbt. Tournesol dient sonst noch zum Färben von Backwaren und Likören.

107. Blauholz, Kampecheholz, Blutholz, logwood, bois de Campêche, lignum haematoxyli, lignum campechianum, Campeachy wood, ital. legno di Campeggio, span. palo campechio.

Das Blauholz ist das Kernholz des Kampeche- oder Blutholz (Blauholz)-baumes *Haematoxylon campechianum* L., Familie Leguminosae, Unterfamilie Caesalpinioideae, einheimisch in Mexiko, auf den Antillen, in Zentralamerika, dem nördlichen Südamerika und in Westindien, besonders auf Jamaika; im tropischen Asien da und dort kultiviert, so z. B. versuchsweise in den niederländischen Kolonien in Indien. Die Spanier nannten ihn Palo campechio oder lignum campechianum, nach der Kampeche-Bai (Mexiko), wo sie ihn zuerst antrafen. Der Baum wird 12—16 m hoch, durchschnittlich 15—20 cm dick, kann aber auch bis 50 cm erreichen und findet sich meistens vereinzelt wachsend, aber auch in größeren Beständen und ziemlich dichte Wälder bildend. Das von Rinde und Splint befreite Holz kommt in vollen, 1—3 m langen, außen blauschwarzen, einseitig zugestutzten oder beiderseits behauenen bzw. quer abgesägten Blöcken (in spanischem oder in englischem Schnitt) von 10—60 kg und mehr Gewicht in den Handel. Es ist spezifisch schwerer als Wasser und hat einen süßlichen Geschmack. Aussehen und Färbekraft hängen mit der Herkunft zusammen. Der Gehalt an Farbstoff ist für jede Produktionsgegend verschieden, wobei Differenzen bis zu 30 % vorkommen. Die Hölzer werden daher immer nach der Herkunft bezeichnet und führen den Namen des Ursprungslandes oder des Ver-

schiffungshafens; letzterer spielt die größere Rolle in der Schätzung der Güte des Holzes, denn im gleichen Lande liefert fast nie ein Hafen das gleiche Holz wie der andere. Jedes Land hat auch seinen eigenen Schnitt, so daß man an diesem und an dem ganzen Aussehen des Holzes die Herkunft erkennen kann. Die beste Sorte stammt von der Westküste Yucatans aus der Kampeche-Bai (Spanisches Blauholz), doch haben nach Semler die Zufuhren von dorther bereits bedeutend abgenommen.

Die nächstbeste Sorte, noch in starker Menge, liefert Honduras (Englisches Blauholz). Das Antillen-Blauholz stellt die schwächste und am wenigsten geschätzte Ware dar, namentlich das von Jamaika, Martinique und Guadeloupe, während St. Domingo bessere Qualitäten ausführt [Semler (131)]. — Es soll nach P. Busch (132) auch als »Mahagoni« in den Handel kommen.

Die zentralamerikanischen Hölzer sind mit der Axt abgeschnitten und mit Ausnahme des Kampeche-Kampeche meistens glatt und splintlos, etwas spitz zugeschnitten (spanischer Schnitt) und haben dunkles Aussehen, manchmal sind sie schon mit Hämateïn bedeckt, das sich bald nach dem Schnitt bildet. Die Haitihölzer sind abgesägt, haben graues Aussehen, ziemlich viel Splint und zeigen nur ganz selten Hämateïn an der Oberfläche. In äußerer Form ist das Holz ganz verschieden. Kampeche-Kampeche ist stark verkrüppelt und innen öfters faul. Holbox sind schöne runde Blöcke von etwa 15—20 cm Durchmesser, Laguna erscheint meist in starken Blöcken und ist sehr gesundes Holz. Die Haitihölzer haben stark zerklüftete Rinnen und kommen in bis zu 3 m langen und 10 bis 25 cm dicken Blöcken nach Europa. Hingegen haben die zentralamerikanischen Hölzer gewöhnlich nur 1,2 m Länge. Teilweise werden auch die Wurzeln noch ausgegraben und hauptsächlich von Havre aus importiert. Die zentralamerikanischen Hölzer sind farbstoffreich und geben 33—35% Extrakt von 30 ° Bé. Die westindischen Hölzer sind bedeutend geringer und geben durchschnittlich nur 22—24 % Extrakt von 30 ° Bé.

Der Marktpreis richtet sich immer nach dem annähernden Gehalt an Farbstoff, der aber für Hölzer der gleichen Ladung bis zu 10 % Differenz geben kann.

Geschichtliches: Das Blauholz gelangte durch die Spanier bald nach der Entdeckung Amerikas aus mexikanischen Häfen nach Europa. Nach England kam es zur Zeit der Regierung der Königin Elisabeth; da man mit dem Holz zunächst aber nicht dauerhaft zu färben verstand, blieb dort sein Gebrauch durch beinahe 100 Jahre, von 1581—1662, gesetzlich verboten. Erst die bessere Kenntnis seiner Eigenschaften und die Entdeckung geeigneter Beizen verhalfen diesem Farbholze zu seiner heutigen Bedeutung und ausgedehnten Verwendung.

Im allgemeinen wurde früher in jedem Schiffshafen Holz verladen, das dann dessen Namen bekam. Die Hauptimportländer sind Deutschland, Frankreich, die Vereinigten Staaten, England, Rußland, Italien, Österreich und die Schweiz. Eine große Extraktfabrik wurde in Jamaika selbst gegründet. In den letzten Jahren wurden außer Blauholz größere Mengen von fertigen, meist trocknen Blauholzextrakten nach Europa exportiert. Die hauptsächlichsten Handelssorten sind folgende:

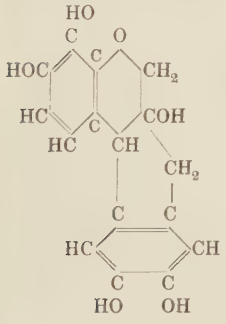
Mexiko:	Tabasco		
	Kampeche	Carmen al Laguna	
		Champoton	bestes: Tabasco
		Kampeche	
	Yucatan	Isla de Piedras	
		Yalton	
		Sisal	
		Silam	
		Yalahan	
		Holbox	
		Cuyo	
		Isla de Mugères	
		Tulam	
Haiti:	Porte de Paix	Jérémie	
	Cap Haïtien	Miragoane	
	Fort-Liberté	Petit Goaves	
	Jacquemel	Port-au-Prince	
	Baineh	St. Marc	
	Acquin	Artibonito	
	Cayes	Gonaives	
	Grandes Salines		
San Domingo:	Monte Christi	Porto Plato	
	Manzanilla	Sanchoz	
	Juanita-Bai	St. Domingo	
	Sabanita		

Kuba:	Zwei kleinere Häfen, gewöhnlich nur Kuba genannt.	
Honduras:	Belize-Estate	St. Thomas
Jamaika:	Port Mora	Negril
	Kingston	Green-Island
	Milkriver	Martego-Bai
	Harbour-Island	Falmouth
	Carlisle-Bai	Santa Anna
	Alligator Pond	Ocho-Rios
	Blackriver	Ora-Tabezo
	White house-Bai	Port Maria
	Savannah la Mar	Annotto-Bai
Kleine Antillen:	Guadeloupe	Grenada
	St. Lucie	Martinique

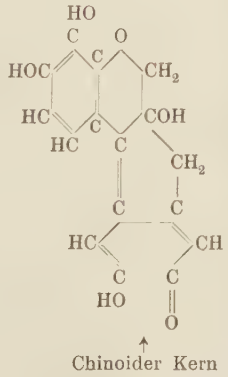
Die Hölzer laufen hauptsächlich ein in die Häfen Hamburg, Havre, Rotterdam, Antwerpen und in kleinere Seehäfen je nach Bestimmung, z. B. für Rußland nach Libau, Riga und Petersburg. Für England ist der Hauptplatz Liverpool.

Farbstoffe des Blauholzes: Hämatoxylin und Hämateïn.

Der eigentliche Farbstoff des Blauholzes, das Hämateïn, kommt nicht fertig gebildet, sondern in Form seiner Leukoverbindung, des um zwei Wasserstoffatome reicheren Hämatoxylins in der Pflanze vor; das letztere kann aber äußerst leicht in die färbende Substanz durch Oxydation übergeführt werden. Ob das Hämatoxylin ursprünglich als Glukosid sich in der Pflanze vorfindet, ist zwar noch nicht genau bekannt, aber wahrscheinlich.



Hämatoxylin: $C_{16}H_{14}O_6$



Chinoider Kern

Hämatein: $C_{16}H_{12}O_6$

Der Übergang der Leukoverbindung (Hämatoxylin) in den eigentlichen Farbstoff (Hämateïn) wird durch das Auftreten einer para-chinoiden Bildungsweise in einem der vier Ringsysteme des Hämatoxylins erklärt. Die Verhältnisse sind analog wie beim Rotholz [Nr. 106].

Hämatoxylin — o-Oxy-Brasilin
Hämateïn — o-Oxy-Brasileïn.

Als Rohmaterial dient für beide Verbindungen entweder das geschnittene Blauholz oder der käufliche Blauholzextrakt.

Hämatoxylin wird gewonnen, indem man geraspeltes Blauholz mit Wasser auszieht, bis zur Trockne eindampft und mit starkem Alkohol auszieht, der das Hämatoxylin unter Zurücklassung einer braunen Substanz löst. Nach dem Abdestillieren des Alkohols wird der dicke Rückstand in Wasser gelöst und das Hämatoxylin allmählich auskristallisieren gelassen. Wendet man den käuflichen Blauholzextrakt an, so läßt man mehrere Tage unter häufigem Umschütteln mit dem fünf- bis sechsfachen Gewicht Äther stehen, destilliert die filtrierte ätherische Lösung und überläßt den mit Wasser vermischten, sirupdicken Rückstand der Kristallisation. 1 kg Extrakt gibt 95—125 g Hämatoxylin.

Hämatoxylin läßt sich in wässriger Lösung nie gut reinigen und bleibt bräunlich. Es wird heute fabrikmäßig ohne Benutzung von Alkohol und Äther hergestellt.

Das Hämatoxylin kristallisiert in reinen, farblosen Kristallen und zwar mit 3 Molekülen Kristallwasser in tetragonalen Säulen oder mit 1 Molekül Kristallwasser in rhombischen Kristallen, die bei 120° das Kristallwasser verlieren. Es hat einen intensiv süßholzartigen Geschmack, löst sich nur wenig in kaltem Wasser, leicht in heißem Wasser, Alkohol und Äther, schmilzt bei über 100° und ist dextrogyr. Leichter als in Wasser löst es sich in Boraxlösung auf, fällt aber amorph aus. Die Kristalle werden bei Luftabschluß am Lichte rot, ohne sich in ihrer Zusammensetzung zu ändern. Die alkalisch gemachten Lösungen färben sich an der Luft rasch rot, dann blauviolett unter Bildung von Hämateïn, später mit vorschreitender Oxydation durch den Luftsauerstoff braun. Mit Ferrisalzen, Chromsäure oder Vanadinsäure bildet es Oxydationsprodukte, die schwarze Metallacke liefern. Gold- und Silbersalze sowie Fehlingsche Lösung wer

den reduziert. Alaun gibt rosenrote Färbung, Zinnchlorür rosenroten Niederschlag. Eisenalaun erzeugt schwarzvioletten Niederschlag, neutrales und basisch essigsaures Blei einen anfangs weißen, dann blau und durch Oxydation dunkel werdenden Niederschlag.

Hämatoxylin mit 1 Mol. Kristallwasser ist beständiger und heißt im Handel Hämatoxylinweiß (Geigy).

Hämatoxylin wird heute viel für anatomische Färbungen verwandt, es liefert kräftigere Töne als Hämateïn. Hämatoxylinlösungen verfärben sich bei Gegenwart von Luftsauerstoff oder Wasser und werden rötlich, bei Luftabschluß bleiben sie weiß. Mit Säuren verändert es sich nur wenig und wird gelblich; mit Ammoniak färbt es sich rötlich, mit Natronlauge violett. Mit Basen verbindet sich das Hämatoxylin zu weißen Salzen, jedoch nur, wenn die Luft vollkommen ausgeschlossen wird, da sonst sofort Oxydation unter starker Färbung eintritt.

Hämateïn ist der eigentliche Farbstoff des Blauholzes, enthält zwei Wasserstoffatome weniger als Hämatoxylin und kann aus diesem leicht durch Oxydation gewonnen werden. Es wird am bequemsten durch Stehenlassen einer mit einigen Tropfen Salpetersäure versetzten ätherischen Lösung von Hämatoxylin an der Luft gewonnen oder auch durch Einwirkung der Luft auf eine Lösung von Hämatoxylin in Alkalilauge.

In der Technik wird es nach einem 1888 von Geigy gefundenen Verfahren hergestellt, indem gut abgeklärter Blauholzextrakt oder Hämatoxylinlösung mit NO_2 oxydiert wird, das mit Luft verdünnt ist. Das Hämateïn scheidet sich in silberglänzenden Blättchen ab; bei Überoxydation entsteht ein rötliches, amorphes Pulver.

Für die Darstellung im Laboratorium eignet sich vor allem folgendes Verfahren: Man löst 1 g Hämatoxylin unter Kochen in 10 cm³ destilliertem Wasser bzw. 40%iger Essigsäure und fügt unter Umrühren 0,2 g Natriumjodat in 2 cm³ Wasser zu. Beim Erkalten scheidet sich das Hämateïn ab. Es bildet kleine rote Kristalle mit metallisch grünem Reflex. Es kristallisiert wasserfrei. Löst sich schwer mit gelbbrauner Farbe in heißem Wasser, Alkohol und Äther, in Alkalien mit blauvioletter, in Ammoniak mit rötlicher Färbung. Die Zusammensetzung der Ammoniakverbindung ist $C_{16}H_{12}O_6 \cdot 2\,NH_3$. Bildet mit Schwefelsäure, Chlor- und Bromwasserstoffsäure Oxoniumsalze, die durch Wasser bei höherer Temperatur wieder gespalten werden. Die Bisulfitverbindung ist farblos und findet im Zeugdruck Verwendung. Auch Schwefelwasserstoff entfärbt eine Hämateïnlösung ohne Reduktion. Die Lösung der Ammoniakverbindung erzeugt mit den meisten Metallsalzen Fällungen, mit Kupfersulfat blauvioletten, mit Zinnchlorür violetten, mit Eisenalaun schwarzen Niederschlag; Silbernitrat wird reduziert.

Zinnbeschwerte Seide wird beim Ausfärben mit Hämateïn bereits tiefschwarz, mit Hämatoxylin violett.

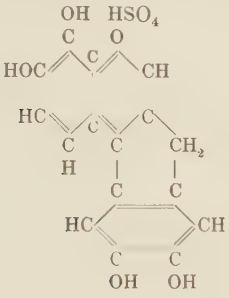
In der Färberei und Druckerei verwendet man Blauholzabkochung oder eingedickten käuflichen Blauholzextrakt, und zwar in Verbindung mit Chromsäure und Ferrisalzen als Beizmittel zum Schwarzfärben von Wolle, in Verbindung mit Bichromatlösung zum Schwarzfärben von Baumwolle, mit Chromazetat als Indigoersatz für Schaf- und Baumwolle.

Isohämateïn wird durch Lösen von Hämateïn in konzentrierter Schwefelsäure dargestellt, wobei eine dunkel rötlichbraune Lösung erhalten wird, die beim Stehen glänzende, prismatische, gelbe Kristalle $C_{16}H_{11}O_5 \cdot (SO_4H)$ = »Saures Isohämateïnsulfat« abscheidet. Ebenso erhält man diese Substanz, wenn man die schwefelsaure Hämateïnlösung langsam unter Umrühren mit dem vierfachen Volumen heißen Eisessigs versetzt, wobei ein orangegelber, kristallinischer Niederschlag entsteht. Sie löst sich in Alkalien mit rötlichpurpurner Farbe und färbt gebeizten Kattun ganz anders als Hämateïn (Tonerde mattrot bis rot, Eisen schiefergrau). Sie ist unlöslich in Alkohol, Äther und Benzol, sowie in Wasser, etwas löslich in Eisessig und in kaltem Ammoniak, löslich in Natronlauge. Wäscht man dieses Sulfat mit Alkohol oder Wasser, so wird ihm Schwefelsäure entzogen, und es wandelt sich in Kristalle um, die im auffallenden Licht einen sehr schönen Metallglanz besitzen, im durchfallenden

als orangerote Tafeln erscheinen. Wenn man das Isohämateïn mit Natriumbisulfit und Natriumazetat löst, so erhält man eine im Zeugdruck verwendbare Paste, indem mit Chrom unter Zusatz von Kaliumazetat gedruckt wird.

Am besten sulfoniert man Hämateïn mit Schwefelsäure von 66 ° Bé, läßt einige Stunden reagieren, gießt die Masse auf Eis, filtriert den ausgeschiedenen, flockigen, braunen Niederschlag und behandelt ihn schließlich mit Soda und Natriumbisulfit von 50 °. Mit Chrom gedruckt wird ein rötliches Granat, und unter Zusatz von Gelb ein Braun erhalten. Die Farbe ist gut wasch- und seifenecht, die Chlor- und Lichtechtheit aber ist viel schlechter als die der Blauholzpräparate.

Isohämateïnsulfat hat die Formel:



Isohämateïn färbt mit mehr Intensität als Hämateïn, auch sind die Färbungen seifen- und chlorbeständiger, die Säureverbindungen fließen aber (bluten) beim Waschen, da Säure abgespalten und Beize aufgelöst wird. Sie erzeugen auf mit Alaun gebeizter Baumwolle ein mattes Rot, auf Eisen färben sie schieferfarben bis schwarz.

Höhere Oxydationsprodukte des Hämatoxylins und Hämateïns: Nach Wagner gibt Hämatoxylin unter dem Einfluß gewisser oxydierender Substanzen dauerhafte schwarze Lacke des Hämateïns, eine Hämatoxylinlösung z. B. mit Eisenoxydsalzen einen schwarzvioletten, mit Chromsäure einen schwarzen, mit vanadinsaurem Ammon einen blauschwarzen Niederschlag. Bei Überoxydation erhält man Verbindungen, die überhaupt kein Färbevermögen mehr besitzen. Man erzielt also nach einer ganz bestimmten Zeit auf gebeizter Wolle und Baumwolle ein Optimum der Färbung infolge der Bildung eines Maximums von Hämateïn. Diese Tatsache ist für die Technik der Blauholzfärberei sehr wichtig; wissenschaftlich sind diese höheren Oxydationsstufen noch nicht untersucht.

Technische Verarbeitung des Blauholzes.

Früher beschränkte man sich darauf, das Holz zu raspeln; der Färber bereitete sich hiermit direkt seine Flotte. Da hierbei ein großer Teil des Farbstoffes unausgenutzt blieb, suchte man durch das sogenannte Fermentieren des geraspelten Holzes seinen Gehalt an Hämatoxylin mehr oder weniger vollständig in Hämateïn umzuwandeln und dadurch eine bessere Ausbeute beim Färben zu erzielen. Im Laufe der Zeit hat sich mehr und mehr der Brauch herausgebildet, dem Färber den fertigen Extrakt in hoch konzentrierter Form zu liefern und eventuell auch in diesem durch künstliche Oxydation das Hämatoxylin in Hämateïn überzuführen.

Hiernach umfaßt die Verarbeitung des Blauholzes folgende Operationen: 1. Das Zerkleinern, 2. das Fermentieren (Oxydieren, Appretieren), 3. das Extrahieren und Eindampfen der Extrakte und 4. das Oxydieren der Auszüge.

1. Zerkleinerung des Blauholzes: Schnitt des Holzes. Früher wurde das Holz auf kleineren Zahnmaschinen geraspelt. Diese Mahlung ist aber bereits ganz verschwunden, und man verwendet gewöhnlich nur noch geschnittenes Holz.

a) Hirnschnitt: Wird für die zum Auskochen benutzten Hölzer gebraucht, sowie zum Verkauf; das Holz wird dabei auf einer Schneidemaschine dem Querschnitt entlang geschnitten.

b) Hobelspäne: Ein rotierendes Rad, auf welchem eine große Anzahl kleiner Messer, die hobelartig wirken, angebracht sind, schneidet das Holz quer über den Längsschnitt. Man erhält dann Späne wie von der Hand gehobelt.

c) Lange Mahlung: Die Hobelspäne werden etwas gröber geschnitten und dann leicht gemahlen.

d) Pulver: Gleiche Maschine wie für Hobelspäne; die Messer werden etwas höher gestellt als für feine Hobelspäne und das Holz dann quer geschnitten.

Das Alter des Holzes spielt hierbei nur insofern eine Rolle, als altes Holz mehr Extrakt liefert als junges.

2. Fermentieren (Oxydieren, Appretieren) des Blauholzes. Es wird angenommen, daß in dem Saft des frisch geschlagenen Blauholzbaumes das Hämatoxylin als Glukosid enthalten ist — obwohl es bis jetzt noch nicht gelungen ist, das Glukosid oder den bei der Spaltung auftretenden Zucker zu isolieren —, das sich nach dem Fällen des Baumes und beim Zerkleinern des Holzes allmählich unter dem Einfluß von Gärungsprozessen zersetzt.

Um diesen Vorgang zu beschleunigen, wurde das zerkleinerte Holz früher einer Art Fermentation oder Oxydation unterworfen, indem es in dünner Schicht und mit warmem Wasser befeuchtet einige Zeit an der Luft liegen gelassen wurde. Das freigewordene Hämatoxylin geht dann besonders an der Oberfläche des Holzes teilweise in Hämateïn über. Wenn aber dieser Prozeß nicht sehr vorsichtig geleitet und nicht rechtzeitig unterbrochen wurde, so entstanden aus dem Hämateïn durch Überoxydation braune Substanzen, die, zum Teil in Wasser löslich, die charakteristischen Farben des Blauholzlackes verändern konnten. Da nun aber der Fabrikant bestrebt sein sollte, bei der Fabrikation möglichst alle oxydierenden Einflüsse fern zu halten, damit das Produkt das in dem Holze befindliche Hämatoxylin in möglichst unveränderter Form enthalte, scheint diese Fermentation jetzt auch nicht überall mehr ausgeführt zu werden. Eine Erhöhung der Färbekraft der Extrakte, in einer Oxydation des Hämatoxylins zu Hämateïn bestehend, muß dem Färber allein überlassen bleiben.

Das geraspelte Blauholz wurde früher ohne weiteres von dem Färber ausgelaugt und die erhaltene Brühe zum Färben verwandt. Diese enthält größtenteils das nicht färbende Hämatoxylin, das in der Farbflotte in längerem Verfahren durch Metallsalze in die färbenden Hämateïnlacke umgewandelt wurde. Um dieses Färbeverfahren abzukürzen und leichter die gewünschten Farblacke zu erhalten, suchte man das Hämatoxylin schon im Holz in Hämateïn umzuwandeln und für die Färberei oxydierte Hölzer mit 15—20 % oder 40—50 % Hämateïngehalt herzustellen. Derartig zubereitete Hölzer wurden wegen des veränderten Aussehens auch als appretierte Blauhölzer bezeichnet.

Man lagert das Holz in Haufen von 5000—10 000 kg bei etwa 1.5—2 m Höhe nach dem Anfeuchten mit 25—30 % Wasser 4—6 Wochen lang in Kellern mit konstant bis 25—28° gehaltener Temperatur, indem man alle 2—3 Tage umschaufelt, um eine Temperaturerhöhung zu vermeiden; Temperaturen unter 20° hemmen die Oxydation. Man beendet den Prozeß, der sich in zunehmender Rotfärbung des Holzes kundgibt, wenn die Farbkraft nicht mehr zunimmt. Bei einem Überschuß an Wasser (bis zu 40 % des Holzgewichtes) erzielt man keine so hohe Oxydation wie mit etwa 25 % Wasser.

Gegenüber dieser Lagerung im Keller wird die Oxydation wesentlich vorteilhafter in Fässern von 5000—6000 Liter Inhalt durchgeführt. Patentiertes Verfahren von Dahl in Barmen. Das Holz und das nötige Wasser wird durch den Deckel eingeführt und das Faß in langsam rotierende Bewegung gebracht. Die hohle Achse ist mit Löchern zum Einblasen von Luft versehen. Nach 48 Stunden beginnt die Oxydation, und zwar viel intensiver als in Haufen. Man läßt das Faß zuerst jeden Tag, dann alle 2—3 Tage während 2—3 Stunden rotieren. Nach einigen Tagen tritt ein starker alkoholisch-aromatischer Geruch auf, und schon nach etwa 14 Tagen nimmt das Holz ein fettiges, dunkelrotes Aussehen an. Nach mindestens vier Wochen ist die Fermentation beendet; man kippt um und trocknet. Der Prozeß kann beschleunigt werden, wenn man eine in voller Umwandlung befindliche Charge mit Wasser von 20° leicht auslaugt und diese Lösung statt reinen Wassers dem frisch angesetzten Blauholz zugefügt; die Gärung setzt dann sofort intensiv ein. Früher wurde vielfach auch Ammoniak, Soda, Melasse usw. zugesetzt, doch sind diese Stoffe für den glatten Verlauf der Reaktion eher hinderlich. Nach der Oxydation hat das Holz ein blutrotes Aussehen. Überoxydiertes, sogenanntes »verbranntes« Holz zeigt beim Antrocknen statt des normalen fuchsinähnlichen Tones ein bräunliches Aussehen und hat eine stark verminderte Farbkraft. Obwohl das Verfahren schon nach 10 Tagen unterbrochen werden kann,

um eine gewisse Nuance zu erhalten, wird das Blauholz meistens möglichst hoch oxydiert und dann getrocknet.

Die Trocknung geschieht in rotierenden Kupferzylindern mit Heizschlange, die schräg gelagert sind, so daß sich das Holz von selbst vorwärts bewegt. Man trocknet bis zum natürlichen Feuchtigkeitsgehalt.

Als Indigoersatz (Indigosubstitut, noir réduit, noir solide) kommen Produkte in den Handel, die aus Blauholzextrakt durch Oxydation mit Chromsäure und darauffolgende teilweise Reduktion mit schwefliger Säure (Natriumbisulfit) oder mittels organischer Reduktionsmittel hergestellt werden. Je nachdem diese für Schwarz oder für Blau (zum Nuancieren) gebraucht werden sollen, enthalten sie Eisen- und Chromsalze oder Tonerde- und Chromsalze. Das Gewebe braucht mit keinerlei oxydierenden Substanzen gebeizt zu werden, sondern man erhält in Mischung mit Chromazetat beim Dämpfen einen tiefschwarzen Lack.

3. Bereitung der Extrakte. Das geschnittene rohe oder appretierte Blauholz wurde früher direkt an die Färber verkauft, die selbst extrahierten, indem sie einfach das in einem Sack befindliche Blauholz in der Farbflotte auskochten.

Später kochte man in einem Kochkessel mit Siebboden unter Druck und benutzte die Brühe gleich zum Färben.

Obwohl man öfters das Holz noch ein zweites Mal auskochte und die verdünnten Brühen nach dem Gegenstromprinzip zur Extraktion des frischen Holzes verwandte, blieben doch je nach der Arbeitsweise 10—30 % Farbstoff im Holz. Die modernen Extraktionsverfahren gewinnen dagegen 90 bis 95 % Farbstoff. Man unterscheidet drei Methoden, die stets auf kontinuierlichem Wege mittels Dampfheizung arbeiten:

a) Diffusionsverfahren (ähnlich wie in der Zuckerfabrikation) bei 85 bis 90 °, arbeitet vorteilhaft nur in ganz großen Anlagen, gibt einen sehr reinen Blauholzextrakt, aber in geringer Ausbeute.

b) Extraktion bei etwa 100 °, d. h. durch Kochen ohne Druck (französische Methode). Das Holz wird gut extrahiert und der Farbstoff nur wenig verändert; man erhält einen guten, reinen Extrakt bei guter Ausbeute. Das Verfahren wird auch heute meistens angewandt.

c) Extraktion in geschlossenen Gefäßen bei 1,5—2 Atm. Druck (sogenannte amerikanische Methode) gibt die größte Ausbeute, aber die Lösungen enthalten neben den Farbstoffen noch allerlei andere, dem Holze entzogene fremde, zum Teil harzartige Produkte, wie Fette, Gerbsäuren, Glukoside, Zucker, Harze usw., die alle beim Färben einen mehr oder minder schädlichen Einfluß ausüben.

Man wendet Batterien aus 6—12 zusammengekuppelten offenen oder geschlossenen Extraktionskesseln aus Holz oder Kupfer an und benutzt die Zirkulation der Brühen bei offenen Standgefäßen (Diffusionsverfahren) durch eine Pumpe oder ein Druckgefäß, bei geschlossenen Batterien durch Luftdruck, Wasserdruck oder Dampfdruck. Die erhaltenen Blauholzbrühen, die, wenn das Blauholz vorher nicht fermentiert wurde, meistens Hämatoxylin und nur wenig Hämateïn enthalten, zeigen je nach der Arbeitsmethode 2,5—3,5 ° Bé, fließen durch ein feines Sieb in ein Sammelgefäß und werden nach einigem Stehen, um den letzten feinen Holzstaub sich absetzen zu lassen, auf 10—35 ° Bé eingedampft. Der Bodensatz aus den Kufen führt in Frankreich die Bezeichnung pied de campêche. Die Extrakte sind flüssig bis zu 10 ° Bé oder fest (im heißen, flüssigen Zustande 30 bis 45° Bé). Sie halten sich betreffs der Gärung sehr gut. Im Handel führen sie die Bezeichnungen I, II 0, A, B, F usw. Die flüssigen Extrakte werden in Fässern, die festen in Kisten verschickt.

Das Eindampfen geschah früher in offenen Pfannen.

Man unterschied zwischen abgeklärtem und unabgeklärtem Extrakt. Letzterer wurde durch direktes Eindunsten der dünnen Auszüge erhalten, ersterer durch Eindunsten der Brühen auf 12 ° Bé, Stehenlassen während 14 Tagen in großen Standgefäßen, Trennung vom Bodensatz und weitere Konzentration. Der farbstoffreiche Bodensatz wird nochmals ausgekocht.

Um feste Extrakte zu erhalten, wandte man das Eindampfen im Vakuum an und bediente sich sogenannter Linsenapparate.

Dieses Verfahren wird heute kaum noch angewandt, vielmehr bedient man sich zur Gewinnung flüssiger Extrakte der modernen Vakuum-Eintauchtrommeln. Zur Erzielung trockner Extrakte von glänzender Oberfläche benutzt man Vakuum-Trockenschränke, während für die Eindunstung zu Pulverform Vakuum-Trockentrommeln zur Verwendung kommen.

Zur Extraktion von Blauholz soll man möglichst reines Wasser verwenden. Ist das Wasser eisenhaltig, so wird hierdurch der Farbstoff in einen blauvioletten Farbstoff verwandelt; Kalksalze sind schädlich, da sich in gewissen flüssigen Extrakten Gips oder Kalziumkarbonat abscheidet.

4. Oxydation des Blauholzextraktes. Wie das oxydierte Blauholz wurde auch der oxydierte Blauholzextrakt, d. h. die mehr oder weniger vollständige Umwandlung des Hämatoxylins in Hämateïn im Blauholzextrakt selbst ein Bedürfnis für die Färberei.

Um das Hämatoxylin in Hämateïn umzuwandeln, läßt man Ammoniak auf das Hämatoxylin einwirken. Diese Arbeitsmethode hat sich in der Fabrikation nicht bewährt. Wenn man dagegen das Blauholz zuerst fermentiert, dann extrahiert und eindampft, so erhält man einen zähflüssigen Extrakt, der zum größten Teil aus kristallisiertem Hämateïn besteht. Das Eindampfen zu höheren Konzentrationen verursacht Schwierigkeiten. Daher verwandelt man das Hämatoxylin im Extrakt selbst durch Sauerstoff abgebende Mittel wie Ozon und Wasserstoffsuperoxyd und andere Oxydationsmittel in Hämateïn. Die Oxydation mit Mangansuperoxyd gibt gute Resultate, nur stört die Bildung des Manganlackes. Geigy verwandte Natriumnitrit zur Herstellung von Hämateïn aus Hämatoxylin. Später wurde das gleiche Verfahren zur Oxydation von Blauholzextrakt ausgeführt mittels Stickoxydgasen, die mit Luft verdünnt werden müssen, da das Hämatoxylin sonst überoxydiert wird. Der Extrakt wird nach 2tägigem Stehen im verbleiten Vakuumapparat konzentriert, man erhält einen zähflüssigen Extrakt, aus dem das Hämateïn bereits völlig auskristallisiert. Dampft man in kupfernen Apparaten ein, so erhält man weniger Hämateïn und meistens nur in ganz feinen Kristallen. Nach diesem Verfahren können höchstens 40—45 % des vorhandenen Hämatoxylins oxydiert werden.

Die Menge Natriumnitrit schwankt zwischen 1½—6 %, je nach dem Oxydationsgrade, den man erhalten will. Da die dunkle Oxydation des Blauholzextraktes mittels Natriumnitrit höhere Oxydationsgrade ergibt, so wird dieses Verfahren jetzt allgemein angewandt.

Man benutzt gewöhnlich Blauholzextrakt von 25° Bé, läßt in einem Holzbottich unter Rühren die Natriumnitritlösung langsam zulaufen und läßt unter zeitweiligem Umrühren 2—3 Tage stehen. Die Extraktmasse teilt sich je nach dem Oxydationsgrade mehr oder weniger in 2 Teile, indem sich das weniger lösliche Hämateïn ausscheidet. Man erwärmt dann auf 40—45° und setzt langsam und unter gutem Umrühren die nötige Menge verdünnte Schwefelsäure zu, um den letzten Teil des Natriumnitrits zu zersetzen und den alkalisch gewordenen Extrakt zu neutralisieren; nach 1—2tägigem Stehen unter teilweisem Rühren wird nochmals aufgewärmt, um nach dem Vertreiben der letzten salpetrigen Säure eine gleichmäßige Beschaffenheit zu erzielen.

Die oxydierten Blauholzextrakte verhalten sich je nach der Oxydationsstufe ganz verschieden. Abgeklärte Extrakte von 10—25° lassen sich gut verarbeiten und bleiben beim Eindicken gut flüssig. Stark oxydierte Extrakte scheiden immer Hämateïn aus und zwar schon bei einem Gehalt von 30—35 % Hämateïn und müssen sofort nach der Fertigstellung im Vakuum getrocknet werden. Konzentrierte Blauholzextrakte (z. B. 30° Bé und darüber) sind wegen der an der Grenzfläche auftretenden großen Schaumbildung schwer zu oxydieren.

Um eine gleichmäßige Oxydation zu erzielen, muß ein bestimmtes Verhältnis zwischen Extrakt und Nitrit eingehalten werden, so sind z. B. zur Erzielung von 25% Hämateïn 2—2¼% $NaNO_2$, von 72—75%

Hämateïn etwa $6^1/_4$—$6^1/_2$ $NaNO_2$ für 30° Bé-Extrakt erforderlich. Verwendet man abgeklärten Extrakt, so kann man mit dem Nitrit bis auf 7½ % gehen, berechnet auf 30grädigen Extrakt; alles berechnet auf nicht oxydierte Hölzer. Bei Kampeche-Kampeche-Hölzern, die öfters schon viel Hämateïn enthalten, muß man die Menge Natriumnitrit verringern, da sonst der Extrakt durch Überoxydation an Farbkraft verliert.

Man kann die Oxydation der Blauholzextrakte auch mit Chloraten, Nitraten oder Chlorkalk mit oder ohne Säurezusatz vornehmen. Auch Alkalinitrite, Chromsäure, Stickoxyde usw. können verwandt werden. Mit Nitraten z. B. bekommt man einen festen Körper aus Hämatoxylin und Blauholzextrakt.

Untersuchung und Wertbestimmung des Blauholzextraktes. Blauholz in Stücken kann ziemlich genau nach Herkunft und Qualität beurteilt werden; für die Extrakterzeugung ist nur die Ausbeute an Extrakt aus dem Holz maßgebend. Der Gehalt eines Extraktes an Farbstoff hängt nie von der Konzentration ab, sondern muß nach zuverlässigen Typen bestimmt werden.

Schon beim Ankauf des Holzes sind viele Faktoren zu berücksichtigen: Alter und Größe des Holzes, ob es frisch geschnitten ist oder schon lange auf Lager liegt usw. Es müssen also der Extraktion immer Wertbestimmungen vorangehen, wobei aber gleich festgestellt werden muß, daß Hölzer von der gewünschten Qualität und aus dem gleichen Verschiffungshafen mitunter Schwankungen von 4—6 % zeigen, die natürlich nicht beanstandet werden können.

Ein Durchschnittsmuster wird zunächst getrocknet, um die Feuchtigkeit bestimmen zu können, dann wird die Probe quantitativ ausgekocht und auf gebeizter Wolle ausgefärbt. Man beizt z. B. eine größere Anzahl von Wollappen von gleichem Gewicht mit 4 % Chromfluorid und 4 % Weinsäure, indem man 1½ Stunden kocht. Man extrahiert dann bei 90—95° je eine Probe von 10 oder 20 g geschnittenen Blauholzes von einem bekannten Typ und von dem zu untersuchenden Holze. Man bereitet 5 Auszüge, indem man je 200 cc Wasser zugibt und stellt diese auf 1 Liter ein. Von diesen Brühen nimmt man so viel cc, daß man eine blaue Nuance erhält, die besser zu beurteilen ist, als wenn man Schwarz färbt, und färbt die gut ausgewaschenen Wollappen auf dem Wasserbade aus, z. B. für die Wollappen von 4—5 g mit 40 cc Blauholzlösung und 400 cc destilliertem Wasser. Kalziumsalze müssen vermieden werden. Sind Nuance und Intensität gleich, so kann man sagen, daß die Hölzer ziemlich gleichwertig sind. Ist die Färbung der Probe stärker als die des Typs, so ist entweder das Holz farbstoffreicher oder mehr oxydiert. Letzteres kann hauptsächlich bei Kampeche-Kampeche vorkommen, und um Irrtümer zu vermeiden, sollte man die äußeren Schichten nicht zur Prüfung verwenden.

Um den Oxydationsgrad festzustellen, macht man eine weitere Färbung mit einer Beize, die oxydierend wirkt, d. h. auf Wolle, die Chromsäure enthält und z. B. mit 1 % Kaliumbichromat und 0,44 % Schwefelsäure (92%ig) gebeizt ist.

Die Ausfärbung dieser Wolle gibt den Gesamtinhalt an Farbstoff. Ist die Färbung des zu untersuchenden Holzes jetzt dem Typ in Stärke und ungefähr in der Nuance gleich, so kam die erste Differenz nur daher, daß das Muster etwas mehr Hämateïn enthielt. Bleibt die Differenz gleich, so ist das Muster besser als der Typ. Durch Vergleichsfärbungen stellt man den Wertunterschied fest. Ist das Muster schwächer als der Typ, so enthält das zu untersuchende Holz weniger Farbstoff.

Je besser das Holz, um so voller und reiner ist die damit erzielte Nuance, um so besser auch die Extraktausbeute.

Eine andere Probe kann gemacht werden, ohne zu trocknen, indem Preis gegen Preis ausgekocht und gefärbt wird, denn in der Wertschätzung eines Holzes spielen die Preise eine große Rolle.

Eine andere Probe, die auch ausgeführt werden kann, besteht darin, daß man etwa 20 g Holz vollständig auslaugt und dann trocknet, um so die gesamten im Holz befindlichen Extraktivstoffe bestimmen zu können.

Die Untersuchung und Wertbestimmung eines Blauholzextraktes ist schon schwieriger. Hier stellen sich z. B. folgende Fragen: Ist der Extrakt abgeklärt oder unab-

geklärt, rein oder koupiert, oxydiert und in welchem Grade. Man muß immer von einem bestimmten Typ ausgehen, dessen Zusammensetzung man genau kennt. Eine kleine Voruntersuchung zeigt schon ungefähr, was für einen Typ man vergleichen muß.

Beschwerung der Extrakte. Die Blauholzextrakte werden mitunter durch allerlei Zusätze verfälscht oder beschwert, besonders durch Melasse und tanninhaltige Extrakte wie Sumach, Kastanienholz usw.

Die vielfach vorgeschlagenen kolorimetrischen Methoden zur Gehaltsbestimmung des Blauholzes und der Blauholzextrakte scheinen sich nicht bewährt zu haben.

Statistik

Blauholz- und Blauholzextrakteinfuhr Deutschlands *).

Jahr	Blauholz in Blöcken usw.		Blauholzextrakt	
	in dz	in 1000 ℳ	in dz	in 1000 ℳ
1890	528 806	8 600		
1891	471 914	7 100		
1892	416 625	6 200		
1893	437 581	7 400		
1894	453 781	8 200		
1895	403 250	6 900		
1896	444 737	6 200		
1897	367 795	4 414		
1898	283 389	3 401		
1899	287 347	3 304		
1900	368 677	3 871		
1901	223 294	2 456		
1902	195 417	2 345		
1903	302 590	3 110		
1904	256 777	2 329		
1905	148 881	1 450		
1906	157 418	1 706	9 690	623
1907	212 074	2 103	15 246	991
1908	111 165	927	14 642	894
1909	94 489	926	15 125	919
1910	96 191	1 065	19 881	1 271
1911	101 531	1 063	24 397	1 526
1912	115 192	1 406	26 661	1 775
1913	94 607	1 164	27 848	1 897
1920	8 580	—	5 851	—
1921	36 671	—	5 468	—
1922	58 091	—	3 992	—
1923	37 711	—	1 554	—
1924	34 009	466	4 518	389

*) Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich. Statistik des Deutschen Reiches: Der auswärtige Handel Deutschlands. Monatliche Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands.

Importzahlen für Hamburg.

	Blauholz:		Blauholzextrakt:	
	t	ℳ	t	ℳ
1863	10816	1301850	1248	827175
1870	15876	2068350	1975	1377120
1880	26088	3824680	3833	3241840
1890	33025	5213880	3350	2956420
1900	31814	3802150	3129	2483890
1910	8203	818920	1885	1457280
1912	6412	653890	2004	1684620

Die niedrigsten und höchsten Preise waren folgende:

	Für Kampechehölzer	Für Haitihölzer
1862	ℳ 9,00—10,50 f. 50 kg	ℳ 5,60—7,00 f. 50 kg
1870	„ 9,55—10,50 „ 50 „	„ 4,70—5,60 „ 50 „
1880	„ 7,50—11.50 „ 50 „	„ 6,00—6,40 „ 50 „
1890	„ 8,00—13.00 „ 50 „	„ 5,90—6,85 „ 50 „
1900	„ 6,75— 9,00 „ 50 „	„ 4,50—5,50 „ 50 „
1910	„ 6,00— 7,50 „ 50 „	„ 4,75—5,25 „ 50 „

In den Jahren 1860—75 war der Import an Haitihölzern größer als der von Zentralamerika, 1885—95 waren die Importzahlen mit kleinen Schwankungen ungefähr gleich. Von 1895 an überwiegen die zentralamerikanischen Hölzer.

Importzahlen für Havre:

1881: 73119 t 1900: 60465 t
1890: 70985 t 1910: 39187 t

Havre importierte 80—90 % Haitihölzer und 10—20 % zentralamerikanische Hölzer, nur in den Jahren 1893—98 stieg der Prozentsatz der letzteren plötzlich auf etwa 30—35 %. Im Jahre 1899 war er wieder auf 15 % reduziert.

Die Preise stellen sich ungefähr gleich wie Hamburg.

1910 ℳ 775 für 50 kg Zentralamerika-
1910 „ 585 „ 50 „ Haiti- } Hölzer.

Blauholzeinfuhr der Vereinigten Staaten von Nordamerika *).

Jahr	Menge in tons	Wert in $
1890	65 870	1 501 574
1891	84 155	1 842 885
1892	60 297	1 233 592
1893	56 415	1 218 874
1894	53 705	1 313 376
1895	60 731	1 487 291

*) Statistical Abstract of the United States. — Foreign Commerce and Navigation of the United States. — Monthly Summery of Foreign Commerce of the United States.

Jahr	Menge in tons	Wert in $
1896	65 756	1 516 855
1897	33 362	611 010
1898	46 596	741 455
1899	37 375	546 274
1900	48 188	628 464
1901	54 793	864 986
1902	52 657	774 380
1903	51 008	748 550
1904	48 491	663 572
1905	35 514	444 824
1906	37 313	496 551
1907	38 230	478 636
1908	21 594	244 460
1909	17 874	166 371
1910	32 368	368 448
1911	—	—
1912	39 571	476 983
1913	37 027	476 916
1914	30 062	378 064
1915	55 059	742 264
1916	134 629	3 437 698
1917	122 794	4 137 400
1918	29 841	668 141
1919	29 022	549 885
1920	72 830	2 186 860
1921	26 740	636 932
1922	33 096	616 462
1923	36 431	659 995
1924	14 928	252 725

Blauholzeinfuhr Großbritanniens *).

NB. Vor 1907 sind keine gesonderten Angaben für Blauholz in den statistischen Quellenwerken gemacht worden.

Jahr	Menge in tons	Wert in £
1907	23 105	112 744
1908	16 952	73 472
1909	4 985	23 886

Blauholz- und Blauholzextrakteinfuhr Großbritanniens.

Jahr	Blauholz in Stücken usw.		Blauholzextrakt	
	in tons	Wert in £	Cwts.	£
1910	10 867	42 050	—	—
1911	13 484	56 350	—	—
1912	5 679	29 153	—	—
1913	9 629	50 701	—	—
1914	9 943	50 967	—	—
1915	5 947	41 728	—	—
1916	18 679	240 240	—	—
1917	11 224	177 902	—	—
1918	3 390	45 797	—	—
1919	8 215	149 840	—	—
1920	4 812	92 813	127 604	840 433
1921	1 083	16 579	59 453	385 028
1922	3 189	34 622	73 640	348 940
1923	454	3 772	55 698	233 581
1924	—	—	—	—

*) Annual Statement of the Trade of the United Kingdom.

Importzahlen für Liverpool:

	t	
1898	44 942	£ 3,15—8,00 für 1 t
1900	24 056	„ 4,00—9,00 „ 1 „
1910	9 746	„ 4,00—7,10 „ 1 „

Der große Rückgang für England rührt außer von dem Minderverbrauch auch noch vom Import fertiger trockner Extrakte her.

Importzahlen für Rotterdam:

1907: 820 t
1908: 1800 t
1909: 1821 t
1910: 2312 t
1911: 2353 t

Rechnet man die bekannten Importzahlen zusammen, dazu schätzungsweise den Import von Rußland, Belgien, Italien und Österreich, sowie das Blauholz, das in Jamaika extrahiert wird, dessen Produktion man ungefähr am europäischen Import von trocknem Blauholzextrakt berechnen kann, so ergibt sich, daß jetzt noch ungefähr 175—180 000 t Blauholz verbraucht werden. Der Rückgang am Import für Havre deckt sich mit der Mehrproduktion von Jamaika.

Verwendung des Blauholzes in der Färberei: Das Blauholz ist trotz der großartigen Entwicklung der organischen Farbstoffindustrie bis jetzt durch keinen künstlichen Farbstoff vollkommen zu ersetzen. Auf gewissen Verwendungsgebieten steht es noch unerreicht da, wie im Kattundruck und in der Seidenfärberei. Der Verbrauch an Blauholz und Blauholzextrakten beträgt jährlich noch 25—30 Millionen Goldmark.

Infolge der Billigkeit und Ausgiebigkeit des Farbstoffes und der Schönheit des erzeugten Schwarz erfreut sich das Blauholz auch heute noch ausgedehnter Verwendung.

Zum Färben mit stark oxydierenden Beizen sollen unoxydierte Blauholzextrakte, für mittel oxydierende Beizen halboxydierte Extrakte und für nicht oxydierende Beizen stark oxydierte Blauholzextrakte Verwendung finden.

In färberischer Hinsicht ist der Blauholzfarbstoff ein typischer Beizenfarbstoff, der auf den verschiedenen Faserarten fixiert wird. Er wird hauptsächlich für Schwarz bis Grau verwandt, für Blau nur zum Nuancieren in Verbindung mit anderen Farbstoffen.

Mit den wichtigeren Beizen gibt er folgende Töne:

Tonerdebeize: Graustichiges Violett; Chrombeize: Dunkelblau bis Schwarz; Eisenbeize: Grau bis Schwarz; Kupferbeize: Stumpfes Grünblau; Zinnbeize: Rötliches Violett. Am meisten verwandt werden verschiedene Eisen-, Kupfer-, Chrom- und Tonerdesalze als Beizmittel für graue und vor allem für schwarze Töne. Dann dient das Blauholz vielfach auch als Abdunklungsmittel in Verbindung mit natürlichen und künstlichen Farbstoffen.

Blauholz wird in der Färberei der drei Hauptgespinstfasern Baumwolle, Wolle und Seide gebraucht, dann auch in der Leder-, Stroh-, Holz- und Pelzfärberei.

1. Schwarz auf Baumwolle: a) Färberei. Mit Eisenoxydsalzen oder Chromsäure werden schwarze Lacke erzeugt. Man beizt mit Ferrisulfat bzw. mit Ferroazetat (Pyrolignit) und läßt oxydieren, oder es wird gerbsaures Eisenoxyd auf der Faser fixiert und dann mit Blauholz ausgefärbt, indem man eine gewisse Menge Querzitron oder Gelbholz-Extrakt hinzufügt. Der Zusatz eines gelben Farbstoffes ist bei der Erzeugung von Blauholz unentbehrlich; ohne einen solchen würden viel zu blaue Töne erhalten werden. Diese Eisenlacke sind aber unecht und wenig haltbar; Licht, Seifen, Alkalien und Säuren zerstören sie rasch; man verwendet sie hauptsächlich für Grau (Futterstoffe).

Viel haltbarer sind die mit Natriumbichromat erzeugten Chromlacke; die tief indigoblaue Färbung verwandelt sich nach dem Auswaschen mit kalkhaltigem Wasser in ein Blauschwarz.

b) Baumwolldruck: Hier werden nur Chromlacke verwandt, gelegentlich auch bei Gegenwart von Eisenoxydsalzen.

2. Wollschwarzfärberei: Zum Schwarzfärben der Wolle wird Blauholz noch sehr viel gebraucht.

Sehr häufig werden die Chromlacke in Verbindung mit einem Kupferoxydlack angewandt. Meist wird die Wolle mit Kaliumbichromat und Schwefelsäure gebeizt, wobei sich Hämatoxylin zu Hämateïn oxydiert und ein Zusatz von Weinstein oder Weinsäure im Extrakte vorhandenes Hämateïn vor Überoxydation schützt. Auch hier wird Gelbholz oder Querzitron zugesetzt. Zum Färben auf Eisenbeize wird Eisenvitriol mit etwas Kupfervitriol benutzt.

3. Seidenschwarzfärberei: Eine besonders wichtige Anwendung erfährt das Blauholz zum Schwarzfärben der Seide, wobei ausschließlich Eisenlacke in Verbindung mit Beschwerungsmitteln und Gerbstoffen, z. B. Katechu, benutzt werden (Schwerschwarz, Noir riche).

108. Afrikanisches Blauholz, African logwood. *Haematoxylon africanum* ist eine Februar 1909 von Pearson in Groß-Namaland (Südwestafrika) aufgefundene südafrikanische Spezies des Geschlechtes Haematoxylon (Familie Leguminosae, Unterfamilie Caesalpinioideae). Busch von 1—1,5 m Höhe mit gelben Blüten und kleineren Blättern als *H. campechianum* [Stephens (133)].

Die Stengel sind mit einer bräunlichen Rinde bedeckt, haben eine Länge von 30—40 cm und einen Durchmesser von 1—3 cm. Im Längsschnitt bestehen sie anscheinend in der Hauptsache aus rötlichbraunem Mark, das von einer fast farblosen Lage Holz umgeben ist. Dieses Mark dunkelt an der Luft und bekommt eine tiefere Farbe. Im gemahlenen Zustand ist das ockerfarbige Pulver etwas heller als Blau- und Rotholz.

Der wässrige Auszug des gemahlenen Holzes gibt folgende Farbenreaktionen:

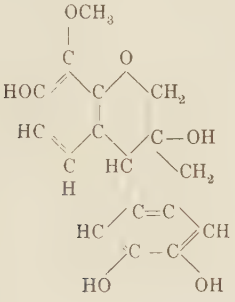
	H. africanum:	Rotholz:	Blauholz:
NaOH	blaßrot	karmoisinrot	tiefrotviolett
$FeCl_3$	braun	tiefbraun	purpurschwarz
$Pb(Ac)_2$	schwach blaßroter, fast farbl. Niederschlag	blaßrot. Niederschlag	tiefblauer Niederschlag

Der alkalische Auszug von *H. africanum* vertieft beim Kochen seine Farbe beträchtlich und besitzt eine schwach grünliche Fluoreszenz, was der Blauholzextrakt auch tut.

Vergleichende Ausfärbungen mit *H. africanum* (170 %) und Rotholz (40 %) auf gebeizter Wolle ergaben folgende Töne:

	Chrom:	Alumi-nium:	Eisen:	Zinn:	Kupfer:
H. africanum:	rot-braun-violett	schmut-zig-blaurot	schmut-zig purpur	sehr hellgelb	braun rötlich-
Rot-holz:	rot-violett	bläu-lichrot	blau-violett	rot-braun sehrhell	braun

H. africanum unterscheidet sich vom Blauholz dadurch, daß das färbende Prinzip kein Hämatoxylin, sondern eine Substanz ist, die in ihren Haupteigenschaften an Brasilin erinnert. Es ist ein schwächerer Farbstoff als Rotholz und daher ohne technische Bedeutung. Der geringe Unterschied in den Eigenschaften von *H. africanum* und Rotholz mag auf Verunreinigungen zurückzuführen sein, die letzteres nicht enthält. Andererseits wird ein Methyläther des Hämatoxylins vom Typus



zweifellos Färbungen ergeben, die beinahe identisch sind mit denen von Brasilin selbst. (Perkin, J. Soc. Dyers 1918, 34, 99).

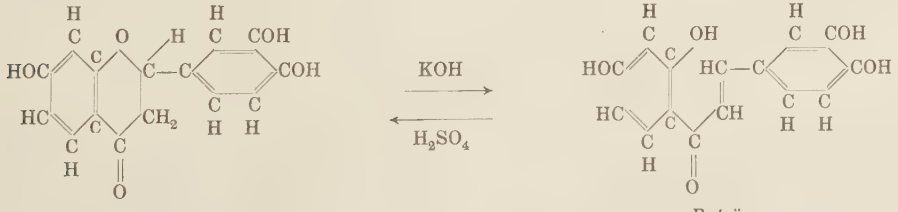
109. Butin, Farbstoff der Blüten von Butea frondosa Roxb. [vgl. Nr. 4]. Über *Butea frondosa* Roxb. siehe unter Nr. 4. In den Blüten sind zwei isomere Stoffe von der Zusammensetzung $C_{15}H_{12}O_5$ enthalten, das gelbe, der Chalkongruppe angehörende Buteïn [Nr. 4], und das farblose, der Dihydro-Flavon- = Flavanongruppe angehörende farblose Butin; beide Stoffe sind als Glukoside in der Pflanze vorhanden.

Zur Darstellung des Butins kocht man 1 kg Buteablüten sechs Stunden lang mit Wasser, gibt dann 50 cc Schwefelsäure zur Zersetzung der Glukoside zu und kocht noch eine Stunde. Man filtriert heiß ab, läßt stehen, filtriert nochmals ab und engt auf dem Wasserbade ein. Es scheiden sich dann beim Stehen Kristalle von Butin in einer Ausbeute von 2 % ab. Zur Reinigung wird mehrmals aus Alkohol umkristallisiert. Man erhält kleine, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 224—226° mit $^1/_2$ Mol. Kristallwasser (aus Alkohol) und mit 2 Mol. Kristallwasser als hellgelbe Nadeln aus Wasser. Das Kristallwasser entweicht bei 160°. Manchmal erhält man aus Wasser auch hellgelbe Blättchen mit 1 Mol. Kristallwasser.

Butin $C_{15}H_{12}O_5$ ist leicht löslich in Alkohol, weniger leicht in Essigsäure und unlöslich in Benzol. Mit alkoholischem Bleiazetat entsteht ein blaßgelber Niederschlag, mit Eisenchlorid eine tiefgrüne Färbung. Mit Mineralsäuren und Kaliumazetat bildet es keine Salze. Es enthält keine Methoxylgruppen.

Kocht man Butin einige Zeit mit Kalilauge und säuert dann an, so fällt ein schöner, orangefarbener, kristallinischer Niederschlag, der das isomere Buteïn, den eigentlichen Farbstoff der Buteablüten darstellt (vgl. Nr. 4).

Buteïn kann durch Kochen mit Schwefelsäure in alkoholischer Lösung wieder in Butin umgewandelt werden:

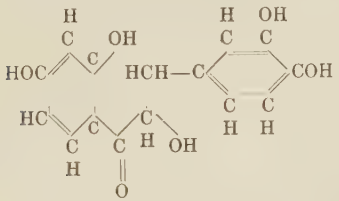


Butin
4,3',4'-Trioxyflavanon, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 224—226°, in heißem Wasser leicht löslich. Bleisalz: blaßgelb.

Buteïn
2,4,3',4'-Tetraoxybenzalazetophenon, orangerote Nadeln vom Schmelzpunkt 213—215°, in heißem Wasser schwerer löslich. Bleisalz: tiefrot.

Butin ist farblos, da es keine Doppelbindung besitzt.

Wahrscheinlich entsteht durch Wasseranlagerung das Zwischenprodukt:



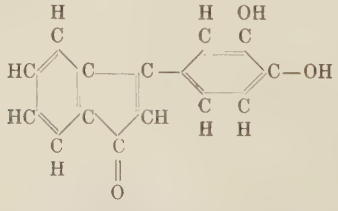
das durch Wasserabspaltung Butin oder Buteïn liefert.

Buteïn $C_{15}H_{12}O_5 \cdot H_2O$ bildet glänzend orangerote Nadeln vom Schmelzpunkt. 213—215°, kristallisiert aus verdünntem Alkohol mit 1 Molekül Kristallwasser. Der Farbstoff ist leicht in Alkohol, weniger leicht in Äther und viel weniger in heißem Wasser löslich als Butin. Seine Lösungen in Alkalien haben eine tief orangerote Farbe, desgleichen die Lösung mit heißem alkoholischem Kaliumazetat, doch entsteht mit letzterem kein unlösliches Monokaliumsalz. Alkoholisches Bleiazetat gibt tiefroten Niederschlag, Eisenchlorid eine olivbraune Färbung.

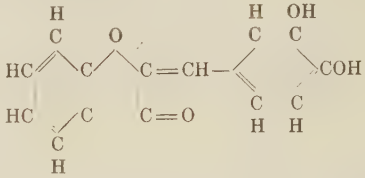
Buteïn ist ein Abkömmling des Chalkons (Benzalazetophenons).

Versetzt man Buteïn in Eisessig mit einigen Tropfen kalter konzentrierter Schwefelsäure, so entsteht die leicht zersetzliche Schwefelsäureverbindung des Buteïns als dunkelrote Nadeln mit stahlblauem Reflex.

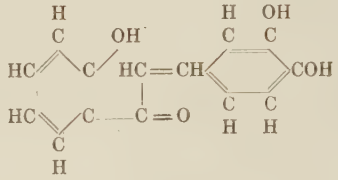
Kocht man in Eisessiglösung mit Schwefelsäure, so erhält man grünliche Kristalle, aus dem Filtrat fällt Wasser ein braunes, mit blauvioletter Farbe in Alkalien lösliches Produkt, das gebeizten Kattun ähnlich wie Anthragallol färbt. Vielleicht liegen Anthrachinonderivate oder Indonderivate (unter Wasseraustritt) vor: z. B. ein γ-Dioxyphenylindon:



In seinen Färbeeigenschaften gleicht das Buteïn sehr den Derivaten von Phenylketokumaran, wie sie von Friedländer und Rudt (134) dargestellt worden sind, z. B.



$C_{15}H_{10}O_5$, das 2 H weniger hat als



Buteïn

Färbeeigenschaften von Butin und Buteïn:

Obgleich Butin kein Farbstoff ist, färbt es gebeizte Zeuge doch genau so an, wie das Buteïn, es geht daraus hervor, daß Butin durch Beizen in Buteïn verwandelt wird:

Chrombeize:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
Rötliches Braun	Ziegelrot	Bräunliches Schwarz	Reines Gelb

Die färbenden Eigenschaften der Buteablüten:

Da der Farbstoff in der Pflanze als Glukosid vorhanden ist, so färben die Blüten gebeizten Kattun gar nicht und Wolle, in saurem Bade, nur schwach. Wird aber durch vorhergehendes Kochen mit verdünnter Salzsäure das Glukosid gespalten, so erhält man einen kräftigen Farbstoff. Auf gebeizter Wolle werden folgende Töne erhalten:

Chrom:	Tonerde:	Eisen:	Zinn:
Tiefes Terracotta	Schönes Orange	Bräunliches Oliv	Schönes Gelb

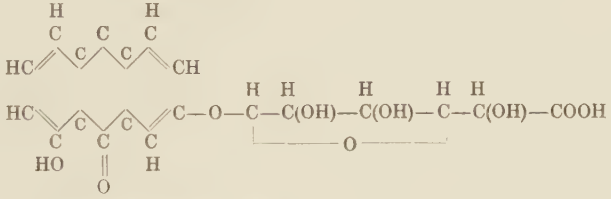
Der Farbstoff gibt auf Chrombeize ein charakteristisches kräftiges Rot, im Tone röter als irgend ein anderer bekannter Naturfarbstoff, nur sind diese Färbungen sehr lichtunecht.

110. Indischgelb, Piuri, Purree, Pioury, Indian Yellow, Jaune indien, Purrée, Monghyr piuri, Purrea arabica, ital.: Giallo indiano, span.: Amarillo indio ist ein Produkt des tierischen Stoffwechsels und wird in Monghyr, einer Stadt in Bengalen, aus dem Harn

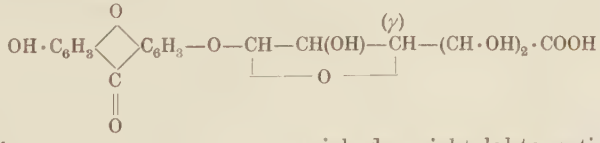
von Kühen gewonnen, die fast ausschließlich mit den Blättern des Mangobaumes *Mangifera indica* L., einer *Anacardiacee*, gefüttert werden. Der Mangobaum ist im südlichen Asien (vielleicht in Vorderasien und Ceylon) heimisch und wird jetzt in allen Tropen angebaut; er kommt in verschiedenen Varietäten vor, seine Früchte sind ein geschätztes Obst und sein Harz dient als Medikament. Der lebhaft gelb gefärbte Harn wird während des Tages in schmalen irdenen Töpfen gesammelt und abends in ein großes irdenes Gefäß gegossen, das direkt erhitzt wird; die Hitze bewirkt die Abscheidung des gelben Farbstoffes, der durch ein Tuch geseiht, abgepreßt und zu faustgroßen Kugeln geformt wird, die zuerst am Holzkohlenfeuer und dann an der Sonne getrocknet werden.

Eine Kuh gibt täglich durchschnittlich $3^1/_2$ Liter Harn, die etwa 56 g Piuri liefern. Die Jahresproduktion soll 5000—7500 kg betragen.

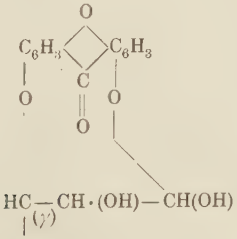
Der Farbstoff des Indischgelbs ist das Magnesium- (und Kalzium)salz der Euxanthinsäure, d. h. einer gepaarten



bei der aber die Karboxylgruppe nicht mehr imstande wäre, Salze und Ester zu bilden und das Metallatom oder die Alkylgruppe an das zweite Hydroxyl des Euxanthons gebunden sein müßte. Da das alles nicht der Fall ist, so muß man nach Gräbe für die Anhydroeuxanthinsäure folgende Formeln aufstellen:



beziehungsweise:

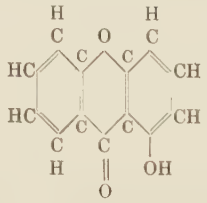


Da in beiden das γ-Hydroxyl der Glukuronsäure bereits gebunden ist, erklärt sich der nicht laktonartige Charakter der Anhydroeuxanthinsäure einerseits und andererseits deren Unfähigkeit, durch weitere Wasserabspaltung ein solches Lakton zu liefern.

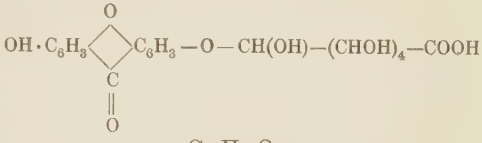
Bei der Spaltung der Euxanthinsäure mit 2%iger Schwefelsäure erhält man Euxanthon und Glukuronsäure (Tetraoxyaldehydkarbonsäure):

$$\underset{\text{Euxanthinsäure}}{C_{19}H_{18}O_{11}} = \underset{\text{Euxanthon}}{C_{13}H_8O_4} + \underset{\text{Glukuronsäure}}{C_6H_{10}O_7}$$

Glukuronsäure — Verbindung des Euxanthons



$C_{13}H_8O_4$ mit der Glukuronsäure, in der sich eine OH-Gruppe des Euxanthons an die Aldehydgruppe der Glukuronsäure angelagert hat:



$C_{19}H_{18}O_{11}$

Dem Bau der synthetischen Glukoside entsprechend könnte man eine glukosidartige Formulierung annehmen:

$$C_{19}H_{18}O_{11} - H_2O = C_{19}H_{16}O_{10},$$

ein Lakton = Anhydroeuxanthinsäure (unter Wasserabspaltung),

Euxanthon, Purrenon, Purron $C_{13}H_8O_4 = 2,8$-Dioxy-Xanthon besteht aus gelben Nadeln oder Blättchen vom Schmelzpunkt 240°. Es ist schwer löslich in Wasser, kaltem Alkohol und Äther, gut in heißem Alkohol. Alkalien und Ammoniak lösen, nicht aber Ammoniumkarbonat. Aluminiumbeize wird nicht erkennbar angefärbt, wohl aber Chrombeize mit ockergelber Nuance.

Euxanthinsäure $C_{19}H_{16}O_{10} + 3\,H_2O$ besteht aus glänzenden, strohgelben Blättchen vom Schmelzpunkt 162°. Sie läßt sich aus Alkohol umkristallisieren, aus dem sie mit Kristallwasser herauskommt. Äther löst leicht, Wasser sehr schwer. In wässriger Lösung scheinen zwei verschiedene Formen zu existieren, eine gelatinöse und eine kristallinische. Die Euxanthinsäure dreht das polarisierte Licht stark nach links, in verdünnter wässriger Lösung ist die spezifische Drehung zu $-110°$ bestimmt. Sie löst sich in alkalischen Flüssigkeiten, auch in Karbonaten. Die entstehenden Salze sind teilweise so zusammengesetzt, daß sie nur ein einwertiges Metallatom enthalten; es gibt jedoch auch stärker basische Salze, die zwei Äquivalente enthalten, wie das Magnesiumsalz, $C_{19}H_{16}O_{11}Mg + 5\,H_2O$, den Hauptbestandteil des Indischgelb. Die Formel der Euxanthinsäure ist bezüglich ihres Wassergehaltes etwas unsicher. Die Euxanthinsäure und ihre Salze kristallisieren mit Kristallwasser, das erst bei ziemlich hoher Temperatur entweicht; die Ester und das Silbersalz leiten sich von der wasserärmeren Formel $C_{19}H_{16}O_{10}$ ab.

Zur Gewinnung des Euxanthons und der Euxanthinsäure aus dem Indischgelb rührt man dies mit so viel verdünnter Salzsäure durch, bis der Übergang in Hellgelb anzeigt, daß die ganzen Erdalkaliverbindungen in die freien Farbstoffe übergegangen sind. Durch Auswaschen mit Wasser entfernt man die anorganischen Salze und behandelt dann mit Ammoniumkarbonat, das nur die Karbonsäure, die Euxanthinsäure löst, während das Euxanthon, als Phenol, erst mit Natronlauge herausgelöst wird. Durch Ansäuern der beiden Lösungen gewinnt man dann die freien Farbstoffe. Die Euxanthinsäure kommt sofort in kristallisierter Form heraus, während das Euxanthon aus Alkohol umkristallisiert wird.

Da es nachgewiesen ist, daß Euxanthon im tierischen Organismus in Euxanthinsäure übergeht, so verdankt das Indischgelb seine Entstehung einer in den Mangoblättern enthaltenen, mit dem Euxanthon jedenfalls in naher chemischer Beziehung stehenden, giftig wirkenden Substanz (Mangostin?). In der Bildung der Euxanthinsäure hat man wohl genau wie in sonstigen Fällen der Ausscheidung von Glukuronsäureverbindungen im Harn eine Schutzmaßnahme des Tierkörpers gegen die Überschwemmung mit einer giftigen Substanz zu sehen, die in den Mangoblättern enthalten ist und so in eine Form übergeführt wird, die durch die Niere ausgeschieden werden kann. Ganz gelingt die Entgiftung nicht. Bei dauernder Fütterung mit Mangoblättern gehen die Kühe unter starker Abmagerung zugrunde. Die englische Regierung soll aus diesem Grunde in neuerer Zeit die Fütterung der Tiere mit Mangoblättern untersagt haben.

Die Euxanthinsäure ist also gewissermaßen ein im Tierkörper gebildetes Glukosid, dessen Xanthonkern die Pflanze und dessen Glukuronsäure das Tier liefert.

Die Zusammensetzung des Piuri ist wechselnd; Beispiel nach Gräbe: Euxanthinsäure 51,0 %, Kieselsäure und Aluminium 1,5 %, Magnesium 4,2 %, Kalzium 3,4 %, Wasser und flüchtige Substanz 39,0 %.

Indischgelb kommt in faustgroßen, außen braunen oder schmutzig dunkelgrünen, im Innern gelben Kugeln in den Handel; sie besitzen einen charakteristischen, an Harn erinnernden Geruch. Die unzersetzten Teile enthalten nur Euxanthinsäure als Magnesium- und Kalziumsalz der Euxanthinsäure neben dessen Spaltprodukt Euxanthon; je schlechter die Qualität ist, desto mehr Euxanthon ist beigemengt. Offenbar ist die Euxanthinsäure das primäre Ausscheidungsprodukt, das dann durch Bakterienwirkung unter Abspaltung von Euxanthon zersetzt wird. Die Handelsqualitäten werden mit A (die beste Sorte) bis G bezeichnet. Der Gehalt der besseren Sorten A bis D beträgt im Durchschnitt 65 % Euxanthinsäure und 3 % Euxanthon; die geringste Sorte

(Marke G) 33—34 % Säure und 34 % Euxanthon. Mit abnehmendem Euxanthinsäuregehalt steigt der an Euxanthon, der kein Farbstoff ist, also den Wert des Produktes herabsetzt.

Verfälscht wird Indischgelb mit Chromgelb und Lacken gelber Teerfarbstoffe. Zur Feststellung der Reinheit genügt Erwärmen mit sehr verdünnter Salzsäure. Es scheiden sich dann strohgelbe Flocken von freier Euxanthinsäure ab, während sich die Flüssigkeit entfärbt.

Anwendung. Indischgelb findet in der Färberei keine Verwendung mehr, sondern nur noch in der Kunstmalerei als Aquarell- und Ölfarbe (bräunlich im Ton), namentlich wegen seiner bedeutenden Lichtbeständigkeit und Lasurfähigkeit. (Permanentfarbe, Normalfarbe.)

Indischgelb ist imstande, metallische Beizen anzufärben.

Die Euxanthinsäure besitzt viel stärker färbende Eigenschaften als das Euxanthon, indem sie befähigt ist, metallische Beizen anzufärben.

111. Enzianwurzel, Gentisin.

Der gelbe Enzian, Bitterwurz *Gentiana lutea* L. (*Gentianacee*) kommt hauptsächlich in den Berggegenden Europas (Alpen, Pyrenäen, Vogesen, Schwarzwald, Cevennen, Apenninen usw.), subalpin und alpin, vor allem in der Schweiz und in Tirol vor. In dieser und in anderen Spezies (*G. purpurea* L., *G. pannonica* Scop, *G. punctata* L.) ist im Wurzelstock und in den Wurzeln: Enzianwurzel, Gentianawurzel, *Radix Gentianae off.*, ein bitteres Prinzip enthalten, das eine Heilwirkung besitzt und für medizinische Zwecke Verwendung findet. Dieser Körper ist nicht zu den Bitterstoffen, sondern zu den Farbstoffen zu zählen und erhielt ursprünglich den Namen Gentianin zur Erinnerung an den illyrischen König Gentis oder Gentius, der nach Plinius und Dioscorides zuerst die heilsame Wirkung der Gentianawurzel erkannt haben soll. Jetzt heißt der Körper Gentisin $C_{14}H_{10}O_5$ (2- oder 6-Monomethyläther des 2,6,8-Trioxyxanthons), lange blaßgelbe, seidenglänzende Nadeln, die bis 250 ° ohne Zersetzung erhitzt werden können und bei höherer Temperatur teilweise sublimieren. Unlöslich in heißem Wasser, schwer in heißem Alkohol und in Äther, leicht löslich in Alkalien mit goldgelber Farbe.

Zur Gewinnung des Gentisins wird die zunächst mehrere Tage lang mit Wasser digerierte Enzianwurzel mit Alkohol ausgezogen, aus dem alkoholischen Extrakt werden durch Waschen mit Wasser die Bitterstoffe und mit Äther Fett und Harz entfernt, durch mehrmaliges Umkristallisieren aus Alkohol erhält man es rein in einer Ausbeute von 3 bis 4 g aus 10 kg Wurzel.

Auf gebeizter Wolle werden folgende Ausfärbungen erhalten:

auf Chrom:	auf Tonerde:	auf Zinn:
grüngelb	hellgelb (sehr schwach)	cremefarbig (sehr schwach

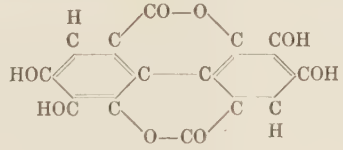
Beim Entmethylieren des Gentisins durch Kochen mit Jodwasserstoffsäure (s. G. = 1,7) entsteht eine im Gegensatz zu Gentisin in Alkohol sehr leicht lösliche Verbindung:

Gentiseïn $C_{13}H_8O_5 \cdot 2\,H_2O$ (2,6,8-Trioxyxanthon), die mit zwei Molekülen Kristallwasser in strohgelben Nädelchen vom Schmezpunkt 315 ° kristallisiert und mit Natriumamalgam behandelt eine blutrote Färbung gibt, während das Gentisin, in gleicher Weise behandelt, eine grüne Farbenreaktion zeigt. Wesentlich unterscheidet es sich noch von jenem dadurch, daß es auf Tonerdebeize eine gelbe Färbung gibt, während das Gentisin gebeizte Baumwolle überhaupt nicht anzufärben vermag.

Das Gentiseïn enthält also eine freie Hydroxylgruppe mehr als das Gentisin.

112. Ellagsäure, Alizaringelb.

$C_{14}H_6O_8 = C_{14}H_2O_4(OH)_4$ Ellagsäure $C_{14}H_6O_8 \cdot 2\,H_2O$



zuerst in den Galläpfeln aufgefunden und Benzoarsäure genannt, weil sie in den Benzoaren, gewissen Darmsekretionen wilder persischer Ziegen vorkommt, d. h. bei Tieren, die sich von gerbsäurehaltigen Pflanzen ernähren, deren Gerbsäuregehalt sich bei der Verdauung in Ellagsäure verwandelt. Durch ihre große

Widerstandsfähigkeit gegen Reagentien entzieht sich letztere der Verdauung.

In großer Verbreitung findet sich Ellagsäure im Pflanzenreiche als Begleiterin von Gerbstoffen, zu welchen sie in naher Beziehung steht und aus denen sie sekundär entstanden zu sein scheint. Die Eichenrinde, die Stammrinde von *Abies excelsa* D. C. (Fichte), *Caesalpinia coriaria* (südamerikanischer Strauch), die Dividivischoten, die Myrobalanen, die Granatwurzelrinde, das Holz von *Quebracho colorado* (rote Quebracho-Rinde von *Quebrachio Lorentzii* Gris = *Schinopsis Lorentzii* Engl. = *Loxopterygium* L. Gris.), die Blätter von *Arctostaphylos uva ursi* Spr. (*A. officinalis* Wimm., *Arbutus* U.- u. L. = Bärentraube, Wolfsbeere), von *Haematoxylon campechianum* L. (Blauholzbaum) und von *Coriaria myrtifolia* L. (Gerberstrauch, Lederbaum) enthalten Ellagsäure in wechselnden Mengen. Ellagsäure oder Ellagengerbsäure ist in Gerbstoffen enthalten, die aus Samen und Früchten gewonnen werden und die von Verbindungen der Quercetinreihe frei sind; so findet sie sich namentlich vor in den Eicheln von *Quercus aegilops* L. (Valonen), in den Samenhülsen von *Caesalpinia coriaria* (südamerikanischer Strauch), in den unreifen Früchten von *Terminalia chebula* Retz. (Fam. *Combretaceae*) = *Myrobalanus* Ch. Gärtn. echte Myrobalanen, in den Samenhülsen von *Caesalpinia brevifolia* Baill. (*Balsamocarpon b.* Clos) = Algarobilli, Algaroba. Je nach dem Ausgangsmaterial ist die Darstellung der Säure verschieden.

Ellagsäure = Tetraoxydiphenyldimethylolid (Dilakton der Hexaoxydiphenyldikarbonsäure), gelblichweißes Kristallpulver, das z. T. unzersetzt beim Erhitzen sublimiert und in kochendem Wasser und in Alkohol sehr wenig, in Äther gar nicht löslich ist. Konzentrierte Schwefelsäure nimmt sie mit zitronengelber Farbe auf, auf Wasserzusatz fällt sie unverändert wieder aus. Erhitzen auf 128° vertreibt die beiden Mol. Kristallwasser. Mit Eisenchlorid entsteht eine grünliche, dann tief graugrüne und schließlich, besonders beim Erhitzen, eine undurchsichtige, schwarzblaue, tintenähnliche Flüssigkeit, die sich mit schwefliger Säure besonders beim Erwärmen unter Abscheidung von Ellagsäure entfärbt. Charakteristisch ist das Verhalten gegen salpetrige Säure enthaltende Salpetersäure; es entsteht eine blutrote Färbung, die beim Verdünnen bestehen bleibt, nach einiger Zeit jedoch gelb wird. Alkalien lösen die Ellagsäure unter Bildung von gelben Alkalisalzen. Das Bleisalz ist ein amorphes, gelbes Pulver.

Anilin, Pyridin und Chinolin geben Additions-(Doppel-)verbindungen.

Ellagsäure bildet sich in reichlicher Menge beim Schimmeln von Galläpfeln, beim Erwärmen von Gallussäureester mit Sodalösung bei Luftzutritt, bei der Oxydation von Gallussäure mit Arsensäure oder besser Kaliumpersulfat oder salpetriger Säure (Ausbeute 60 %).

Darstellung: 1. Aus Benzoaren (Benzoarsteinen). Diese werden fein zerrieben, in der Kälte unter Luftabschluß mit der nötigen Menge Kalilauge bis zur Lösung geschüttelt bzw. gerührt. Nach dem Abheben vom Bodensatz wird die safrangelbe Lösung durch Einleiten von Kohlensäure als neutrales grünlich-graues Kaliumsalz gefällt. Nach dem Abfiltrieren und Auswaschen mit kaltem Wasser preßt man ab, reinigt das Kaliumsalz durch Umkristallisieren und fällt mit Salzsäure die Ellagsäure aus.

2. Aus Eichenrinde. Die grob zerkleinerte Eichenrinde wird bei 40—50° getrocknet und mit verdünntem Alkohol in der Wärme ausgezogen. Diese Lösung wird mit Äther und Essigäther ausgeschüttelt und nach der Trennung der Äther verdunstet. Der alkoholhaltige Rückstand gibt einen weißlichgelben kristallinischen Niederschlag von Ellagsäure.

In analoger Weise isoliert man sie aus der Rinde von *Abies excelsa* D. C. (Fichte).

3. Aus gerbstoffhaltigen Rohstoffen (Dividivi, Algarobilla). Die zerkleinerten Dividivischoten werden kalt wiederholt mit Alkohol erschöpft, die dunkle Lösung durch Flanell filtriert und Alkohol destilliert. Der sirupöse Rückstand wird mit Wasser aufgenommen, wobei sich die Lösung unter Abscheidung eines braunen Körpers trübt, der abfiltriert und mit Alkohol gewaschen wird; er besteht aus Ellagsäure.

Nach D. R. P. Nr. 133 458 vom 11. 9. 1901 zieht man die gerbstoffhaltigen Materialien zunächst mit siedendem Wasser aus; bei andauerndem Kochen oder Eindampfen der Lösung scheidet sich die Säure kristallinisch ab, oder man erhitzt mit verdünnter Schwefelsäure, behandelt den Rückstand, der jetzt freie Ellagsäure enthält, mit Ätznatron und verwandelt das Natriumsalz mit Salmiak in das unlösliche Ammoniumsalz. Dieses wird mit Wasser gewaschen und mit Mineralsäure die freie Ellagsäure abgeschieden.

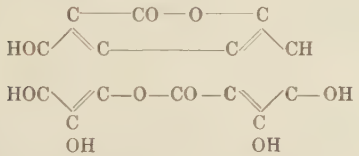
Ellagsäure ist ein charakteristischer Beizenfarbstoff; sie zieht besonders gut auf Chrombeize. Auf chromierter Wolle gibt sie ein reines, ziemlich kräftiges Olivgelb von großer Lichtechtheit, auf Eisenbeize ein unbedeutendes Schwarz.

Ellagsäure kommt als Teig unter dem Namen Alizaringelb in Teig [M] in den Handel. Natronlauge löst mit braungelber, Schwefelsäure mit rotbrauner Farbe.

Unter dem Namen Gallogen wird sie als Darmadstringens empfohlen.

Ellagengerbsäure $C_{14}H_{16}O_{10}$ gibt beim Zersetzen mit Alkalien oder Säuren oder Erhitzen auf 103—110° Ellagsäure.

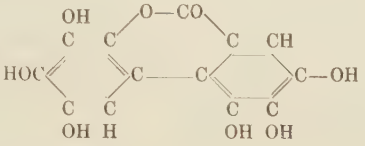
113. Flavellagsäure,



$C_{14}H_8O_9 = C_{14}HO_4(OH)_5$ besitzt eine Hydroxylgruppe mehr als Ellagsäure; entsteht durch Behandeln von Gallussäure mit Kaliumpersulfat:

20 g Gallussäure werden mit 160 cc 96%iger Schwefelsäure behandelt, mit 66 cc Wasser verdünnt und bei 50° mit 40 g Kaliumpersulfat versetzt. Der Farbstoff besitzt ähnliche Eigenschaften wie die Ellagsäure. Färbt gebeizte Wolle gelb bis olivbraun. Der Körper bildet, aus Pyridin umkristallisiert, hellgelbe prismatische Nadeln, die Pyridin enthalten und dieses bei 160° verlieren; Schmelzpunkt über 360°. In den gebräuchlichen Lösungsmitteln fast unlöslich, wird er von Alkalien mit grüner Farbe aufgenommen.

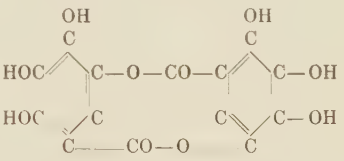
Mit Salpetersäure (Nitrose enthaltend) und folgender Verdünnung mit Wasser erhält man eine blutrote Färbung der Lösung (sog. Grießmayer-Reaktion). Beim Kochen mit Kalilauge geht Flavellagsäure über in das Hexaoxydiphenylmethylolid



Flavellagsäure färbt gebeizte Wolle ähnlich wie Ellagsäure, nur etwas stärker:

Chrom:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
gelblich-oliv	hell grünlichgelb	dunkel olivbraun	hellgelb

114. Coeruleo-Ellagsäure.



$C_{14}H_6O_{10} = C_{14}O_4(OH)_6$, Dioxy-Ellagsäure = Oxyflavellagsäure. Entsteht durch Erhitzen von Ellag- oder Flavellagsäure (1 Teil) mit Schwefelsäure (10 Teile Monohydrat) auf 200° und Behandeln bei 185—190° während $^1/_2$ Stunde. Zur Reindarstellung gießt man in Wasser, verwandelt es in das Azetylderivat und hydrolysiert bei Gegenwart von Schwefelsäure.

Man kann auch Ellag- oder Flavellagsäure (1 Teil) in Schwefelsäure-Lösung (10 Teile) mit Arsensäure (1 Teil) bei 100 bis 130° behandeln.

Coeruleo-Ellagsäure kristallisiert aus heißem Pyridin in kleinen gelben, prismatischen Nädelchen vom Schmelzpunkt über 360°, sehr wenig löslich in den üblichen Lösungsmitteln. Konzentrierte Alkalien lösen mit grünlich-gelber Farbe, die beim Verdünnen grün und schließlich blau wird infolge Oxydation. Natrium- und Kaliumkarbonat-Lösungen geben blaue Färbung. Bei der Zinkstaub-Destillation entsteht Fluoren.

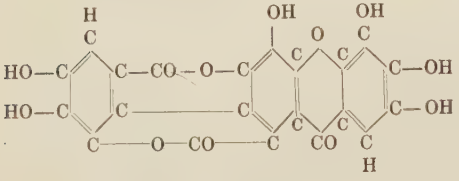
Die färbenden Eigenschaften der Coeruleo-Ellagsäure sind ähnlich wie die der Flavellag- und Ellagsäure, nur stärker entwickelt, und haben größeren praktischen Wert. Infolge der geringen Lös-

lichkeit erzielt man die besten Erfolge in Pastenform.

Chrom:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
tief olivgelb	grünlich gelb	grünlichschwarz	schmutzig gelb

Bei Aluminiumbeize erzielt man durch Kalkzusatz zum Färbebad einen nachteiligen Effekt.

115. Flavogallol.



$C_{21}H_8O_{12}$. Gallussäure in schwefelsaurer Lösung mit Arsensäure 6 Std. auf 110 bis 120° erhitzt gibt eine Mischung von Flavellagsäure und Coeruleo-Ellagsäure, bei Anwendung von 80%iger Schwefelsäure entsteht Flavogallol.

Haarförmige gelbe Nadeln, wenig löslich in den üblichen Lösungsmitteln, in Natronlauge mit orangegelber Farbe löslich.

Mit Schwefelsäure entsteht das Anhydrosulfat $C_{21}H_6O_{11} \cdot H_2SO_4$, orangegelbe Prismen. Mit alkoholischem Kaliumazetat entsteht das orange gefärbte Trikaliumsalz $C_{21}H_5O_{12}K_3$.

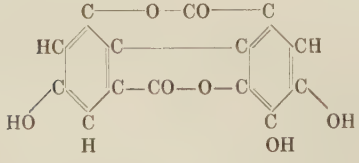
Mit Anilin gekocht entsteht das Anilid $C_{21}H_7O_{11} \cdot NH \cdot C_6H_5$, gelbe Nadeln, Schmelzpunkt über 345°.

In Pastenform färbt Flavogallol leicht gebeizte Wolle:

Chrom:	Eisen:	Zinn:	Kupfer:
schmutzig olivgelb	bräunlich schwarz	hell orangegelb	hellbraun

Energische Einwirkung von Kalilauge gibt Flavogallon $C_{20}H_{10}O_{11}$, kleine Nadeln.

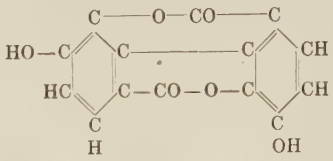
116. Resoflavin:



$C_{14}H_6O_7 = C_{14}H_3O_4(OH)_3$ Trioxydiphenyldimethylolid.

Gelber Farbstoff durch Einwirkung von Kaliumpersulfat und Schwefelsäure auf 3,5-Dioxybenzoesäure; nahe verwandt mit Ellagsäure, die man als Mono-Oxyresoflavin auffassen kann.

117. Catellagsäure:



$C_{14}H_6O_6 = C_{14}H_4O_4(OH)_2$, erhalten durch:

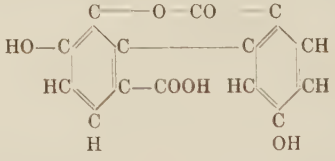
Erhitzen von Protokatechusäure mit Arsensäure,

Oxydation von Protokatechusäure mit Kaliumpersulfat und Schwefelsäure,

Oxydation von p-Oxybenzoesäure mit Kaliumpersulfat und Schwefelsäure.

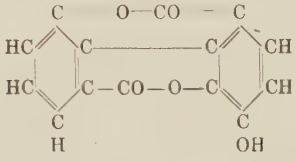
Farblose Nadeln (aus Pyridin) vom Schmelzpunkt über 360°, sublimiert bei höheren Temperaturen unter mäßiger Kohlensäureentwicklung. Ätzalkalien lösen mit hellgelber Farbe, mit Salpetersäure fuchsinrote Lösung.

Neben Catellagsäure entsteht bei der Oxydation der p-Oxy-benzoesäure eine zweite Verbindung $C_{14}H_8O_6$, Schmelzpunkt über 360°.



Sie entsteht augenscheinlich durch Wechselwirkung von 1 Molekül Protokatechusäure auf 1 Molekül p-Oxybenzoesäure.

118. Metellagsäure:



$C_{14}H_6O_5 = C_{14}H_5O_4 \cdot OH$, entsteht in schlechter Ausbeute bei der Oxydation von m-Oxy-Benzoesäure in schwefelsaurer Lösung mit Kaliumpersulfat bei ungefähr 30°. Das Produkt wird aus Essigsäure fraktioniert kristallisiert und über das Azetylderivat gereinigt. Es kristallisiert aus Eisessig in farblosen Nadeln, die bei höherer Temperatur leicht sublimieren. Mit Ätzalkalien gibt es ähnlich wie Catel-

lagsäure eine gelbe Färbung, die beim Erhitzen verschwindet.

Die Reaktionen der Metellagsäure stimmen mit denen der Ellagsäure-Reihe überein.

In den Mutterlaugen von der Reinigung der Azetylmetellagsäure $C_{14}H_5O_5(COCH_3)$, farblose Blättchen vom Schmelzpunkt 269—271°, wurde ein zweites Azetylderivat vom Schmelzpunkt 237—243° isoliert, das bei der Hydrolyse glänzende gelbe Nadeln ergab, deren Konstitution nicht ermittelt werden konnte.

Bei der Oxydation der entsprechenden Oxybenzoesäuren ist also eine Reihe von Oxydiphenyldimethylolid-Derivaten hergestellt worden:

Metellagsäure	$C_{14}H_5O_4 \cdot OH$
Catellagsäure	$C_{14}H_4O_4(OH)_2$
Resoflavin	$C_{14}H_3O_4(OH)_3$
Ellagsäure	$C_{14}H_2O_4(OH)_4$
Flavellagsäure	$C_{14}H\,O_4(OH)_5$
Coeruleoellagsäure	$C_{14}O_4\ (OH)_6$.

119. Blattgrün, Chlorophyll. Das Blattgrün ist in allen Pflanzen enthalten, soweit sie nicht ausschließlich saprophytisch, schmarotzend leben, und der ganze Stoffwechsel der Pflanze ist ohne Blattgrün überhaupt nicht zu denken. Nur die dem Licht ausgesetzten Teile führen es, den bei weitem größten Teil die Blätter. Dieser grüne Farbstoff enthält komplex gebundenes Magnesium als Wesensbestandteil und steht in Parallele zum Blutfarbstoff (Hämin), der komplex gebundenes Eisen enthält; Blattgrün und Blutfarbstoff sind Pyrrolabkömmlinge. Der Blutfarbstoff ermöglicht dem Menschen und Tiere den Abbau der Nahrungsstoffe, die Dissimilation, und damit die Gewinnung der Energie, indem er in den Lungen Sauerstoff aufnimmt und ihn mit der Blutbahn den einzelnen Zellen zuführt, die ihn zu ihren oxydativen Prozessen benötigen. Das Blattgrün ist unentbehrlich für die Assimilation der Kohlensäure der Luft durch die Pflanze, jenen Übergang in Kohlehydrate unter Abspaltung von Sauerstoff, der nach v. Baeyer über den Formaldehyd gehen soll. Die Wirkung des Blattgrüns dabei ist noch nicht ganz geklärt [vgl. Willstätter und Stoll (135)]. Da nur bei gleichzeitiger Gegenwart von Sonnenlicht und Blattgrün diese Assimilation vor sich geht, so sieht man im Chlorophyll entweder nur einen Sensibilisator oder erteilt ihm noch die Aufgabe, die Kohlensäure chemisch zu binden.

In den Blättern ist der Farbstoff nicht gleichmäßig verteilt, sondern findet sich scharf lokalisiert in besonderen Farbkörperchen, den Chloroplasten (s. A.), die in das farblose Protoplasma der Zellen eingebettet sind. Das Chlorophyll findet sich regelmäßig vergesellschaftet mit Karotinoiden [Nr. 30], bei den Landpflanzen mit Karotin und Xanthophyll, bei den Braunalgen kommt als drittes noch das Fucoxanthin hinzu. Bei den Landpflanzen ist das Verhältnis der Farbstoffe ein ziemlich konstantes, quantitativ überwiegen die grünen, die zusammen das drei- bis fünffache der gelben ausmachen. Stets besteht die grüne Komponente aus den beiden Chlorophyllarten a und b, deren Verhältnis recht konstant ist; die Komponente a ist dreimal so stark wie b vertreten. Die Braunalgen bilden in jeder Hinsicht eine Ausnahme, die gelben Farbstoffe sind gleich stark vertreten wie die grünen, und bei diesen überragt a bei weitem.

Z. B. isolierte Willstätter aus 1 kg getrockneten Holunderblättern, die etwa 4 kg frischen Blättern entsprechen, 6,2 g Chlorophyll a, 2,3 g Chlorophyll b, 0,6 g Karotin und 0,9 g Xanthophyll.

Beim Chlorophyll handelt es sich um zwei äußerst komplizierte und zersetzliche Körper.

1906 entdeckte R. Willstätter das Magnesium im Chlorophyll und konnte in den folgenden Jahren die chemische Natur desselben durch das Studium der Reaktionsprodukte mit Säure und Alkali und deren Abbau vollständig ermitteln (136). 1913 konnten die Ergebnisse in einem zusammenfassenden Buche von Willstätter und Stoll (39) veröffentlicht werden.

Das Verhältnis der Chlorophyllmenge zu der Menge Wachs, Fett, Phosphatiden, Karotinoiden, anorganischen Bestandteilen usw. beträgt ungefähr 1 : 6. Chlorophyll ist chemisch neutral, es gibt keinerlei schwer löslichen Doppelverbindungen.

1. Isolierung von Chlorophyll a und b. Der Blattfarbstoff wird am besten aus den Pflanzen mit wasserhaltigen Lösungsmitteln (85—90%iger Alkohol oder 80—85%iges Azeton) extrahiert. Der Farbstoffgehalt der grünen Blätter — im Durchschnitt 0,8% der Trockensubstanz — läßt sich mit 80 % Ausbeute isolieren. Man schüttelt die Extrakte mit Petroläther durch und wiederholt eventuell die Verteilungsmethode mehrere Male derart, daß farblose und gelbe Begleitsubstanzen sich im wasserhaltigen Alkohol, Chlorophyll aber im Petroläther anreichern. Aus Primarlösungen von 8—16 % Chlorophyll kommt man so zu solchen von 70 %. Dieses löst sich in alkoholhaltigem Petroläther, fällt aber beim Herauswaschen des Alkohols mit Wasser aus und läßt sich dann aus seiner Ätherlösung mit Petroläther umfällen.

Weiteres fraktioniertes Verteilen der Substanz zwischen Methylalkohol und Petroläther gibt die beiden Komponenten:

Chlorophyll a $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, blaugrün, kommt in den Blättern mit Ausnahme der Braunalgen in dreifacher Menge vor wie das gelbgrüne Chlorophyll b, das sich von a durch Umwandlung einer Methylengruppe in eine Karbonylgruppe ableitet, was auch wahrscheinlich wird durch die Tatsache, daß der Abbau nach einigen Phasen bei beiden Komponenten zu denselben Körpern führt.

Chlorophyll a enthält ein halbes Molekül Kristallwasser und besteht aus einem mikrokristallinischen blauschwarzen Pulver; aus Äther-Petroläther erhält man Drusen von lanzettförmigen Blättchen. Schmelzpunkt nach vorangegangenem Sintern 117—120°. Von organischen Lösungsmitteln löst nur Methylalkohol in der Kälte schwer, die übrigen leicht, die Löslichkeit in den Alkoholen sinkt stark mit deren Wassergehalt. Nur in Petroläther ist es sehr schwer löslich. Die Lösung in Äthylalkohol ist tief blaugrün, deutlich fluoreszierend, die ätherische geradezu blau. Spektroskopisch sind außer der Endabsorption im Violett sieben scharf getrennte Absorptionsstreifen zu beobachten, von denen zwei an Stärke weit überwiegen, je einer im Rot und Blau, während sich die übrigen auf Gelb und Grün verteilen.

Durch kombinierte Wirkung von Alkalien und Säuren entsteht Phytochlorin e.

Chlorophyll b $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$, gelbgrün, bildet ein weniger deutlich kristallinisches Pulver, das dunkelgrün bis grünschwarz ist. Der Schmelzpunkt ist ganz unscharf, bei 86—92° Sintern, bei 120—130° wird es zähflüssig und beginnt sich dann aufzublähen. Die Löslichkeit in allen Solventien ist etwas geringer als die der Komponente a, Petroläther wird überhaupt nicht angefärbt. Die Farbe der Lösungen ist rein grün, nur Lösungen von a gegenüber haben sie einen Stich ins Gelbe. Nur in Schwefelkohlenstoff ist die Farbe gelbgrün. Die Fluoreszenz ist mehr braunstichig rot. Die Absorptionsstreifen sind noch zahlreicher als bei a, im ganzen neun Bänder und dazu eine schon im Blau beginnende Endabsorption; besonders stark ausgeprägt ist ein Doppelstreifen im Rot.

Durch kombinierte Wirkung von Alkalien und Säuren entstehen Rhodine.

Reinchlorophyll (Mischung a+b) in Substanz blaustichig schwarz, mit starkem, fast metallischem Glanz. Unter dem Mikroskop erscheint es kristallinisch, aber ohne gut ausgebildete Einzelkristalle. Der Schmelzpunkt wechselt von 93° bis 96° bis zu 103° bis 106°, wo sich zähe Tropfen bilden.

Petroläther löst nur in der Wärme etwas, gut aber bei Zusatz von Alkohol. Äther, Azeton, Benzol, Chloroform lösen leicht mit blaugrüner Farbe und roter Fluoreszenz. In reiner Lösung von Alkoholen erleidet es rasch Allomerisation, nicht bei Gegenwart ganz kleiner Mengen von Säuren.

Auf dieser Löslichkeit des Reinchlorophylls ist aber nicht die Extraktion aus der Pflanze aufzubauen. Hier löst Benzol gar nicht, sehr schlecht absoluter Alkohol, Azeton, Äther, gut dagegen wasserhaltiger Alkohol und wasserhaltiges Azeton. Das Blattgrün der Chloroplasten kann darin entweder lose gebunden sein, oder es ist nach Willstätter in kolloider Form ausgeschieden. Für diese Tatsache spricht vor allem, daß eine wässrige kolloide Lösung von reinem Chlorophyll ebenfalls an Benzol oder Äther keinen Farb-

stoff angibt, wohl aber sofort die ganze Menge auf Zusatz eines Elektrolyten.

Bei der spektroskopischen Untersuchung des Reinchlorophylls erkennt man eine Hauptabsorption im Rot bei der Linie C, dann folgen gegen Violett drei Absorptionsbänder mit abnehmender Intensität und dann vollständige Absorption des blauen und violetten Teiles.

Im allgemeinen läßt Chlorophyll nur das grüne bis orange Gebiet durch, außerdem aber noch einen Teil des äußeren Rots.

Gegen chemische Einwirkungen ist das Chlorophyll außerordentlich empfindlich, die Umwandlung in das Phäophytin durch Säuren, ebenso aber die Verwandlung in die Phylline durch Alkalien geht sehr leicht vor sich. Beim Kochen mit methylalkoholischem Kali bilden sich die Isophylline, die Magnesiumverbindungen des Phytorhodins g und des Phytochlorins e; beim Ansäuern entstehen die magnesiumfreien Verbindungen Chlorin und Rhodin.

2. Spaltung des Chlorophylls mit Säure und Alkali. Chlorophyll enthält Magnesium komplex an Stickstoff gebunden. Seine außerordentliche Säureempfindlichkeit beruht auf der Herausnahme dieses Metalls unter Bildung des olivgrünen Phäophytins.

Phäophytin hat wie Chlorophyll selbst den Charakter eines Wachses, da eine hochmolekulare mehrbasische Säure mit einem hochmolekularen Alkohol, dem Phytol, verestert ist.

Bei der Einwirkung von Alkalien wird dieser Ester sowie eine noch vorhandene Methylestergruppe verseift, während der Magnesiumkomplex gegen Alkalien selbst beim Erhitzen auf 200° beständig ist. Bei Chlorophyll a liegt eine dritte Karboxylgruppe (bei b vielleicht auch eine vierte) anscheinend in Laktambindung vor und gibt bei der Einwirkung von Alkalien Anlaß zu einer vorübergehenden Braunfärbung (braune Phase), die alsbald wieder der alten Chlorophyllfarbe weicht (Umlaktamisieren).

Beim Stehen alkoholischer Chlorophyllösungen kann durch Umlaktamisieren Allomerisation oder auch Umesterung d. h. Verdrängung des Phytolrestes durch Methyl- oder Äthylalkohol unter dem Einfluß eines Enzyms, der Chlorophyllase, eintreten.

Die aus Chlorophyll a bzw. b durch Verseifung beider Estergruppen mit Alkali entstandenen grünen wasserlöslichen Salze leiten sich, je nachdem ob kalt oder heiß verseift wurde, von zwei Isomeren, noch den Magnesiumkomplex enthaltenden Laktamdikarbonsäuren ab: Chlorophyllin und Isochlorophyllin. Die Verseifung des Phäophytins gibt die magnesiumfreie Laktamdikarbonsäure Phytochlorin e, die auch aus Isochlorophyllin mit Säure entsteht.

Durch Erhitzen der Chlorophyllline mit Alkali entstehen die Phylline. Bei 140° wird ein Molekül Kohlendioxyd abgespalten, weiteres Erhitzen auf 150—170° verwandelt die entstandene blaue Dikarbonsäure in ein blaurotes Isomeres, noch stärkere Einwirkung (190—200°) liefert die blaurote Monokarbonsäure, Erhitzen mit Natronkalk die karboxylfreie Stammsubstanz, die noch den Magnesiumstickstoffkomplex enthält und Äthiophyllin genannt wurde, Säuren entziehen den Phyllinen Magnesium unter Bildung der Porphyrine, von denen das Phylloporphyrin auch aus Phytochlorin e vom Phäophytin aus gewonnen werden kann. Dem Aetiophyllin entspricht das Äthioporphyrin $C_{31}H_{36}N_4$, das sowohl aus beiden Chlorophyllkomponenten wie auch aus dem Blutfarbstoff erhalten worden ist.

Phäophytin ist eine wachsartige blauschwarze Substanz mit schwach basischen Eigenschaften, leicht löslich in Benzol und Chloroform, schwerer in Äther, Alkohol kalt schwer, in der Wärme besser löslich. Petroläther löst kaum.

Mit Alkalien entsteht hieraus durch Spaltung:

Phytol $C_{20}H_{39}OH$, ein hochmolekularer Alkohol mit vielfach verzweigter Kohlenstoffkette, nicht kristallisierend. Der Phytolgehalt des Chlorophylls macht 33 % des Moleküls aus.

Die bei der Verseifung entstehenden Karbonsäuren sind je nach der Alkaliwir-

kung verschieden und lassen sich nach ihrer Farbe in indifferenten Lösungsmitteln in 2 Gruppen einteilen: in die olivgrünen Phytochlorine und die prächtig roten Phytorhodine; es sind Zwischenstufen zwischen dem Chlorophyll und seiner magnesium- und karboxylfreien Grundsubstanz, dem Äthioporphyrin. Alle diese Körper sind mehr oder weniger starke Basen.

Phytochlorine kommt in zwei Formen vor, als Laktam $C_{34}H_{34}O_5N_4$ in schwarzglänzenden, ungefähr rechteckigen Täfelchen und als Laktamhydrat $C_{34}H_{36}O_6N_4$, in derben, undurchsichtigen Kristallblättern von violettem Glanz. In der Durchsicht sind beide hellgrün, olivgrün oder braun. Die Hydratform ist die beständigere.

Das Hydrat ist sehr schwer löslich in Alkohol, Azeton und Chloroform, ziemlich schwer in Eisessig, gut in Ameisensäure mit tiefblauer Farbe, in Pyridin leicht olivfarben. Das Anhydrid ist leichter löslich. Das Phytochlorin ist stark sauer, es wird in Äther schon durch Ammoniak in starker Verdünnung entzogen. Spektrum: drei Streifen über das Grün.

Phytorhodine $C_{34}H_{34}O_7N_4$, derbe, sechsseitige Prismen aus Äther, von dunkelroter, fast schwarzer Farbe. Die Lösungen sind blaustichig rot mit schwacher, dunkelroter Fluoreszenz. Unlöslich in Äther und Chloroform, ziemlich gut löslich in Alkohol und Eisessig, gut in Ameisensäure und Pyridin; ist auch stark sauer. Im Spektrum ist charakteristisch ein Doppelband im Grün.

Die karboxylfreie Grundsubstanz der ganzen Chlorophyll- und Häminreihe, das Äthioporphyrin, entsteht aus der Monokarbonsäure, Rhodo-, Phyllo-, Pyrroporphyrin und aus Hämoporphyrin, durch kurzes Erhitzen mit Natronkalk; besser wählt man den Umweg über ihre Magnesiumverbindung, das Äthiophyllin.

Äthioporphyrin $C_{31}H_{36}N_4$, Kristalle aus Äther, Schmelzpunkt 280°, hat eine an den Chromlack erinnernde Farbe, in Lösungen braunrot; löst sich schwer in Alkohol und Äther, leicht in Azeton, Ameisensäure und heißem Eisessig. Hat keine sauren, wohl aber ausgesprochen basische Eigenschaften und gibt mit Pikrinsäure, Styphninsäure, Platinchlorwasserstoffsäure und anderen gut kristallisierende Salze. Es ist zur Komplexbildung mit Metallsalzen befähigt.

Die Lösungen des Äthioporphyrins zeigen ein kompliziertes Spektrum, vor allem, neben bedeutender Absorption im Violett, vier starke Bänder im Orange, Gelbgrün, Grün und Blau.

Zur technischen Darstellung benutzt man fast ausschließlich Brennnesseln, seltener Heu. Die Brennesseln werden »gerebelt«, d. h. mit der Hand abgestreift, damit sie frei von Strünken sind und neben den Blättern nur die Spitze der Pflanze enthalten. Getrocknete Brennnesseln bester Qualität geben etwa 5 %, Heu nur 1,5 bis maximal 2 % Extrakt.

Die gepflückten Brennesseln müssen in flacher Schicht unter häufigem Wenden gut getrocknet werden, da feuchte Ware schimmelt und unter Wärmeentwicklung fault, wobei der Farbstoff zerstört wird.

Als Extraktionsmittel benutzt man den mit 5% Holzgeist vergällten, möglichst hochprozentigen Spiritus, da dann die Extraktion rascher verläuft; er soll mindestens 75 Vol.-% haben.

Die Extraktion erfolgt in kupfernen Gefäßen. Man setzt 1% kristallisiertes Kupfersulfat in konzentrierter wässriger Lösung zu und extrahiert. Bei einem Apparat von 0,5 cbm Fassungsraum, der mit 50—60 kg Nesseln beschickt ist, dauert die Extraktion ungefähr 5 Stunden. Der Alkohol wird durch Destillation zurückgewonnen.

Das so gewonnene Rohchlorophyll enthält neben Wasser und Pflanzenwachs alle möglichen Extraktstoffe und zuckerartige Verbindungen sowie feine Pflanzenteile und durch Überhitzung zersetzte Partikelchen. Man reinigt mit 90er Handelsbenzol, das nur die Farbstoffe und wachsartigen Körper aufnimmt und nach dem Abdestillieren das sogenannte Reinchlorophyll in 5% Ausbeute (bezogen auf getrocknete Nesseln) liefert.

Dieses bildet die Grundlage für die verschiedenen Handelsprodukte, zu deren Herstellung es auf grüne Farbstärken eingestellt, d. h. mit Fetten (Schweinefett, Palmkernfett, auch Vaseline u. dgl.) verschnitten wird. Setzt man die Farbkraft des Reinchlorophylls gleich 100, so

ist die übliche Handelsmarke »fett- und öllöslichen Chlorophylls« 30—40; billigere Qualitäten sind 20%, bessere 50 % stark. Nur das sogenannte »spritlösliche Chlorophyll« ist ziemlich reiner Extrakt ohne Fettzusatz mit einem geringen Prozentsatz spritlöslichen Ricinusöles oder dergleichen.

Die eben genannten Handelsmarken bilden eine in dicker Schicht fast schwarze, geschmeidige Masse, die ungefähr die Konsistenz von Schweinefett besitzt. Die Verkaufspreise schwanken je nach der Farbkraft usw. zwischen 4 und 15 Mk. das kg.

Das Handelschlorophyll (sog. öllösliches Chlorophyll) ist klar und reichlich löslich in Benzol, in Fetten und ätherischen Ölen, z. B. Terpentinöl, Wachsen, Stearin, Mineralölen und Seifen. Die Lösungen besitzen keine Fluoreszenz, erhalten durch Oxydation einen Blaustich und sind dann äußerst lichtbeständig.

Verwendung des Chlorophylls. Man benutzt das Chlorophyll zum Färben bzw. Bleichen von Mineralöl, Baumwollsaat-, Oliven- und ähnlichen Ölen (in Rußland für kirchliche Zwecke), zum Färben von Wachsen, Wachspräparaten, Vaseline und kosmetischen Präparaten, Nahrungs- und Genußmitteln, Medikamenten, Stearinkerzen und Leder, besonders aber zum Färben und Bleichen von Seife wegen seiner großen Farbbeständigkeit gegenüber Alkalien. Die sogenannte Bleichwirkung bei Pflanzenölen und Seife besteht nur in der Verdeckung des gelben Farbtones.

0,01% des handelsüblichen Chlorophylls genügen, um Seife zu bleichen, 0,02% verursachen schon einen deutlichen Grünstich, 0,05—0,10% geben eine kräftige Grünfärbung.

Alle Handelsprodukte enthalten etwas Kupfer, dessen Menge bei der reinsten Qualität, dem sogen. Reinchlorophyll, bis 1% steigen kann.

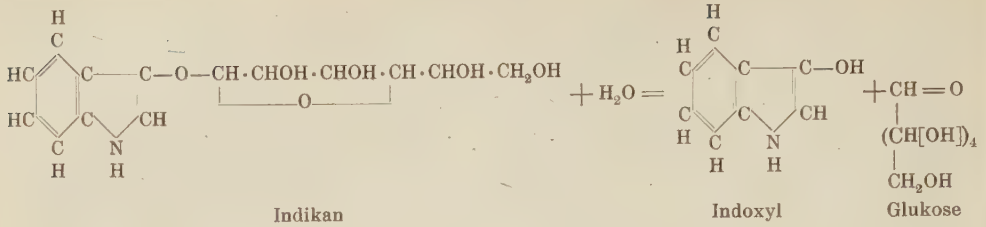
Bei der Untersuchung von Chlorophyll ist in erster Linie die Farbkraft zu berücksichtigen. Der Farbvergleich geschieht am besten im Kolorimeter. Unter Umständen prüft man auch auf die Anwesenheit von Teerfarbstoffen und bestimmt die Kupfermenge elektrolytisch aus dem Glührückstand.

Außer dem öllöslichen Chlorophyll, das in seinen reineren Qualitäten sich noch in hochprozentigem Spiritus, nicht aber in verdünntem Alkohol und Wasser löst, wird auch noch ein spiritus- und wasserlösliches Chlorophyll hergestellt, eine tiefdunkelgrüne Lösung, die durch Verseifung des gereinigten Rohchlorophylls erzeugt wird. Man kocht 1 kg Chlorophyll 5 Std. mit 150 g festem Ätznatron und 10 Litern Wasser am Rückflußkühler, versetzt noch heiß mit der nötigen Menge Chlorkalzium, extrahiert den abgesaugten und getrockneten Chlorophyllkalk mit Alkohol und setzt ihn mit der berechneten Menge Soda in verdünnter wässriger Lösung durch mehrstündiges Kochen in Chlorophyllnatrium um. Nach der Trennung vom Kalziumkarbonat wird die wässrige Lösung durch Verdünnen mit destilliertem Wasser auf eine bestimmte Farbstärke eingestellt. Dieses wasserlösliche Chlorophyll, das übrigens auch Spuren von Kupfer enthält, dient zum Färben von neutralen oder alkalischen, nicht aber sauren wässrigen Flüssigkeiten und von Alkohol unter 60%. Metallsalze dürfen in den zu färbenden Flüssigkeiten nicht vorhanden sein.

120. Indigo, grch.: *Ἰνδικον*, lt.: indicum, ital.: indaco, span.: Añil.

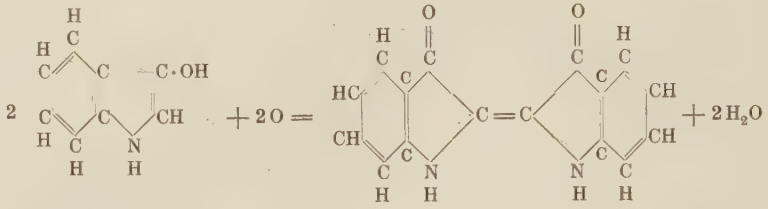
Unter den Pflanzenfarbstoffen nimmt der hauptsächlich aus Indigofera - Arten gewonnene Indigofarbstoff die erste Stelle ein. Seit Jahrtausenden in Indien gekannt, bereitet und zum Färben verwandt, hat sich der Indigo trotz der aufblühenden Teerfarbstoffindustrie bis auf den heutigen Tag auf dem Weltmarkte behauptet und genießt noch immer wegen seiner Schönheit und Echtheit als »König der Farbstoffe« unter den blauen Farbstoffen einen ausgezeichneten Ruf.

Indigo findet sich niemals fertig gebildet in der lebenden Pflanze vor, sondern er entsteht zumeist aus einem in der Pflanze vorkommenden Glukosid, dem Indikan, das durch eine Fermentwirkung (Gärung) oder durch verdünnte Mineralsäuren in Indoxyl und Glukose gespalten wird:



Indikan Indoxyl Glukose

Das Indoxyl nimmt in alkalischer Lösung Luftsauerstoff auf und verwandelt sich dabei in Indigblau oder Indigo $C_{16}H_{10}O_2N_2$.



Indoxyl Indigo

Beim Waid, *Isatis tinctoria* L. (Fam. Cruciferae) entsteht Indigo nach Beijerinck (137) nicht aus einem Indoxylglukosid und auch nicht aus freiem Indoxyl, wie er früher dachte (138), sondern aus einer noch nicht näher bekannten Indoxylverbindung, der er den Namen Isatan gegeben hat.

In der Regel stellt Indigo den feinpulvrigen blauen Absatz aus einem Extrakte, den man durch Auslaugen von Indigopflanzen im Wasser erhalten, bis zu einem gewissen Grade gereinigt hat und das Indigblau in verschiedenen Mengen neben anderen Substanzen enthält.

Indigo wurde an vielen Orten der Erde erzeugt. Indien, Java, Amerika produzierten große Mengen, auch in Afrika (Ägypten, Senegal usw.) und im südlichen China gab es ausgedehnte Indigokulturen. Für den Weltmarkt kamen jedoch nur drei Arten in Betracht: der Bengal-, Java- und der Guatemala-Indigo.

a) Übersicht der Indigo liefernden Pflanzen.

Das Glukosid Indikan $C_{14}H_{17}O_6N$ ist im Pflanzenreich nicht sehr verbreitet. Unter den Kryptogamen wurde bisher keine einzige Indigo liefernde Pflanze bekannt, alle bisher aufgefundenen Indigopflanzen sind phanerogam, stehen an weit auseinanderstehenden Stellen des Systems und illustrieren damit von neuem den Satz, daß häufig ein- und dasselbe chemische Individuum von ganz verschiedenen und gar nicht verwandten Pflanzen erzeugt wird, hingegen nicht immer von allen Arten derselben Gattung (Indigofera, Polygonum usw.).

Mit Sicherheit können als Indigopflanzen [vergl. Hans Molisch (139, 140)] folgende bezeichnet werden:

Zahlreiche aber nicht alle Arten der Gattung Indigofera:

Isatis tinctoria L., *I. alpina* All., *I. lusitanica* L., *Marsdenia tinctoria* R. Br., *M. parviflora* Decaisne, *Polygonum tinctorium* L., viele *Phajus*-Arten, *Calanthe veratrifolia* R. Br., *C. vestita* Rchb., *Echites religiosa* Teijsm. et Binn., *Crotalaria retusa* L., *C. Cunninghamii* R. Br., *C. turgida* Loisel., *C. incana* L. und *Wrightia antidysenterica.*

Zu jenen Gewächsen, die nach mehrfachen Angaben (Wiesner) sicher Indigo liefern sollen und höchstwahrscheinlich liefern, die aber Molisch wegen Mangels an Material selbst nicht untersuchen konnte, gehören: *Asclepias tinctoria* Roxb., *A. tingens* Roxb., *Wrightia tinctoria* R. Br., *Bignonia sp., Eupatorium indigoferum* Pohl, *E. tinctorium, Spilanthes tinctorius* Lour., *Galega tinctoria* L., *Sophora tinctoria* L., *Polygala tinctoria* Forsk., *Polygonum barbatum* L., *Ruellia comosa* Wall., *Sericographis Mohintli* D. C. und *Strobilanthes flaccidifolius* Nees.

Außerdem werden bis in die neueste Zeit in der Literatur [vergl. Husemann-Hilger (141)] immer wieder

einige Pflanzen angeführt, die angeblich Indigofarbstoff oder einen damit sehr ähnlichen Farbstoff liefern sollen. Hierher gehören: *Mercurialis perennis* L.!, *Melampyrum arvense* L.!, *M. cristatum* L.!, *Polygonum fagopyrum* L.!, *Polygala bracteolata, Croton tinctorius* L., *C. verbascifolius* Willd., *Phytolacca decandra* L.!, *Ph. mexicana* Sweet; *Monotropa hypopitys* L., *Fraxinus excelsior* L.!, *Coronilla emerus* L.!, *Amorpha fructicosa* L.!. Davon sind die mit einem ! versehenen Arten von Molisch [S. 15 (139)] untersucht, aber aus keiner einzigen in irgendeiner Weise eine Spur Indigblau gewonnen worden.

Doch gibt es neben den Indigopflanzen tatsächlich Gewächse, in denen postmortal ein blauer oder blaugrüner, von Indigo sehr verschiedener Farbstoff aus einem Chromogen entsteht. Molisch schlägt vor, solche Pflanzen vorläufig, bevor wir über die Natur dieses Farbstoffes oder dieser Farbstoffe etwas näheres wissen, als Pseudoindikanpflanzen den Indigopflanzen gegenüberzustellen. So kommt in den Organen der frischen Schuppenwurz *Lathraea squamaria* L. (*Clandestina retiflora* Lam.) (Familie Orobanchaceae) ein Chromogen vor, das mit verdünnter Salzsäure einen blauen Farbstoff liefert, der aber von Indigo ganz verschieden ist. Einen vielleicht damit verwandten, wenn nicht denselben Farbstoff liefern bei gleicher Behandlung in frischem Zustande *Rhinantus crista galli* L. (*Alectorolophus minor* W. et Gr.), *Euphrasia officinalis* L. (Familie Scrophulariaceae), *Utricularia vulgaris* L., *Galium mollugo* L. (Familie Rubiaceae) und *Monotropa hypopitys* L., Fichtenspargel (Familie Pirolaceae) [vgl. Molisch, S. 15 (139)].

Ein Pseudoindikan findet sich auch in den Cystolithenzellen der Acanthaceen *Sanchezia nobilis* Hook., *Goldfussia anisophylla* Nees und *Strobilanthes Dyerianus hort.*, das beim Absterben der Zellen in Berührung mit Luft einen intensiv blaugrünen, von Indigo ganz abweichenden Farbstoff gibt [H. Molisch (142)].

Im folgenden sollen die Indigopflanzen, nach Familien geordnet, zusammengestellt werden:

1. Orchidaceen:

Calanthe veratrifolia R. Br., Molukken [Molisch, S. 9 (139)].

C. vestita Rchb. [vgl. H. Molisch (143)].

Phajus grandifolius Lindl. (= *Ph. grandiflorus* Lour.) und andere Arten dieser Gattung [Molisch, S. 9 (139)].

2. Polygonaceen:

Polygonum tinctorium Ait., japanisch *Ai*, Färbeknöterich. Alte ostasiatische Kulturpflanze. In einem weiten Gebiete Ostasiens, zumal in China, Cochinchina, Korea und Japan, die Hauptindigopflanze, früher auch in Frankreich versuchsweise angebaut. Pflanze liefert etwa 4—5 % Indigo. Kraut enthält Glukosid Indikan $C_{14}H_{17}O_6N$, daraus durch Hydrolyse und Oxydation Indigo [Loureiro (144), S. Syrsky (145) und J. J. Rein (146)].

3. Cruciferen:

Isatis tinctoria L., Waid, Färberwaid. Bevor der aus Indigofera bereitete Indigo aus Indien nach Europa gebracht und verwertet wurde, baute man in Frankreich und Deutschland, besonders in Thüringen, den Waid zur Indigogewinnung im großen an. Bereits im 13. Jahrhundert war seine Kultur allgemein verbreitet, und noch um 1616 bauten 300 thüringische Dörfer Waid. Dann ging die ausgedehnte deutsche und französische Waidindustrie, außerstande, die Konkourrenz mit dem ostindischen Indigo aufzunehmen, zugrunde. Trotzdem wird Waid auch heute noch angebaut, und zwar hauptsächlich behufs Verwendung in der sogenannten Waidküpe. Unter dieser versteht man bekanntlich nicht bloß das Gefäß, sondern auch die Flüssigkeit, in der Textilwaren durch Indigo bzw. Indigoweiß gefärbt werden. In der Waidküpe handelt es sich hauptsächlich um die Reduktion des beigefügten Indigos durch einen Gärungsprozeß, der durch den Waid und andere organische Substanzen (Kleie, Urin) ermöglicht wird.

Für diese Zwecke pflückt man die Waidblätter, legt sie aufeinander, schützt sie vor Regen und Sonne und kehrt sie öfters um, damit sie nicht welk

werden. Sodann werden die Blätter zermahlen, Ballen etwa 500 g schwer daraus gemacht, die Ballen öfters bis $^2/_3$ m hoch an einem schattigen und bedeckten Ort übereinander geschichtet, zum Trocknen liegen gelassen und dann zu großen runden Ballen geformt, die dann neuerdings getrocknet und schließlich für die Waidküpen in den Handel gebracht werden [vgl. E. F. Scherf (147), ferner E. Bancroft (148)].

Isatis lusitanica L. Liefert ebenfalls Indigo [Bancroft (149)].

4. Papilionaceen

sind eine Unterfamilie der Familie der Leguminosen.

Indigofera. Unter den Indigopflanzen nimmt diese Gattung zweifelsohne den ersten Rang ein. Sie umfaßt etwa 300 in den Tropen verbreitete Arten, von denen zum Zwecke der Indigogewinnung folgende Arten verwandt werden:

Indigofera tinctoria L. (malaiisch: Taroe), Indigopflanze, auf Java, den Molukken, in Indien und Amerika stark angebaut; ferner noch in Ägypten, China, Senegal kultiviert. Die Heimat der Pflanze ist zweifelhaft, sie stammt nach Miquel (150) aus Indien.

I. anil L., Amerika, besonders Südamerika, Japan und Philippinen. Die Form *polyphylla* Hassk. in Asien und dem Archipel, die Form *oligosperma* Miqu. in Amerika, Indien und dem Archipel viel gebaut [Miquel (151)].

I. disperma L. liefert den auf Java zumeist kultivierten Guatemala-Indigo [Bancroft (152)].

I. leptostachya D. C. gibt den auf Java stark angebauten Natal-Indigo. [Vgl. den Bericht von v. Romburgh (153)].

Abgesehen von diesen für die Indigofabrikation wichtigsten Arten werden nach Wiesner und anderen noch die folgenden Arten herangezogen:

I. pseudotinctoria R. Br. Gibt nach Simmonds den besten indischen Indigo. [Henkel (154), vgl. auch G. R. Böhmer (156), ferner G. Watt (157)].

I. angustifolia L., Indien.

I. arcuata Willd., Indien.

I. argentea L.

I. arrecta Benth., Natal, seit langem auf Java kultiviert.

I. caroliniana Walt., Nordamerika.

I. cinerea Willd., Indien.

I. coerulea Roxb., Indien. Wird nach Junghuhn I, S. 184 (169) auf Java gebaut. Diese Art ist aber nicht im Kew-Index angeführt.

I. emarginata Poir. In den Senegalländern nach Aubry-Lecourt (155) [Cat. des Col. fr., S. 102] kultiviert.

I. endecaphylla Willd., Guinea.

I. erecta Thunbg., Kap.

I. galegoides D. C., Java, trop. Asien.

I. glabra L., Indien.

I. hirsuta L. (= *I. indica* Mill.), Indien. Siehe auch Bancroft, l. c., S. 227.

I. indica Lam. (= *I. emarginata* Poir.), Indien.

I. longeracemosa Boiv..

I. mexicana L., Neugranada.

I. paucifolia Delile.

I. secundiflora Poir.

I. sumatrana Gaertn., synonym nach Index Kew mit *I. tinctoria* L., *Galega tinctoria* L. (= *Tephrosia tinctoria* Pers.), Ostindien. Gibt auf Ceylon eine geringwertige Sorte von Indigo. [Boehmer (158), Bancroft (159)].

Sophora tinctoria L. (= *Baptisia tinctoria* R. Br.), Nordamerika. In Karolina und Pennsylvanien heimisch und vor der Einführung der Indigokultur nach Amerika hier ebenfalls zur Indigogewinnung benutzt [Boehmer (160)].

Crotalaria Cunninghamii R. Br.

C. incana L.

C. retusa L., Indien.

C. turgida Loisel.

Diese vier Crotalariaarten enthalten Indikan [Molisch (161)].

Lonchocarpus cyanescens Benth. (Garapflanze), im westlichen Sudan und in Sierra Leone, liefert an der Guineabucht den sogenannten Yoruba-Indigo (162). Siehe Nr. 121.

5. Polygalaceen:

Polygala tinctoria Forsk. [Vahl] (*P. javana* D. C.), Arabien, Malaiische Inseln. Angeblich Indigo liefernd [Duchesne (163), Wiesner, Boehmer (164)].

6. Asclepiadaceen:

Marsdenia tinctoria R. Br. (*Asclepias tinctoria* Roxb.), Vorderindien, Borneo, Sumatra. Ebenso wie die folgende Art

hier Tarum-akar genannt. Die Pflanze liefert angeblich mehr Indigo als Indigofera, weshalb ihr die Einwohner von Sumatra und anderwärts im Archipel den Vorzug geben. Nach Teysmann wird die Pflanze in Westsumatra zum Blaufärben verwendet und in kleinen Bündeln in den Bazaren verkauft. Die Zubereitung erfolgt wie bei Indigofera [Miquel (165), v. Romburgh (166). Molisch (167)].

Marsdenia parviflora Decaisn., Vorderindien, Java. Dient auf Java zum Blaufärben [Miquel (168), F. Junghuhn (169)].

Nach Miquel (170) sind beide Marsdeniaarten vielleicht gar nicht verschieden.

Asclepias tinctoria Roxb. und *Asclepias tingens* Roxb., beide in Indien, liefern einen grünen Farbstoff, von dem aber nicht sichergestellt ist, ob er Indigo ist [Bancroft (171)].

Pergularia bifida Zipp., Amboina.

7. Apocynaceen:

Wrightia tinctoria R. Br. (= *Nerium tinctorium* Roxb.). Indien. Roxburgh (172) hat zuerst 1791 darauf aufmerksam gemacht, daß diese Pflanze Indigo liefert. Es sei hier darauf hingewiesen, daß mit dem Namen *Nerium tinctorium* hort. von den Gärtnern *Alstonia scholaris* R. Br. (*Echites scholaris* L.) Ostindien und Philippinen und *Allamanda verticillata* belegt werden, die beide nach Molisch keinen Indigo geben.

Wrightia antidysenterica R. Br. (*Wrightia ceylanica* R. Br., *Nerium antidysenterica* L.), Ceylon, Ostindien. Diese in Buitenzorg (Java) kultivierte, leider nicht mit Autornamen versehene und von Molisch (173) untersuchte Pflanze ist gleichfalls zu den Indigopflanzen zu zählen.

Echites religiosa T. et Bin., Siam. Gibt Indigo [Molisch (174)].

8. Acanthaceen:

Sericographis Mohintli Nees, Mexiko. Soll Indigo liefern [Henkel (175)].

Ruellia comosa Wall., Assam. Soll den Roum-Indigo liefern [Henkel (175)].

Strobilanthes flaccidifolius Nees, Java. Soll Indigo liefern [Watt (176)].

9. Bignoniaceen:

Bignonia sp. Isert (177) berichtet, daß die Neger in Popo mit den Blättern einer Bignonia und der Wurzel einer Tabernaemontana (Apocynacee) blau färben.

10. Kompositen:

Eupatorium indigoferum Pohl. In Brasilien zur Indigogewinnung verwendet. Pohl (178). Im Kew-Index findet sich ein *Eupatorium indigoferum Parodi,* von dem man nicht weiß, ob es mit dem oben genannten identisch ist.

E. laeve D. C. (*E. tinctorium*), Paraguay. Soll ebenso wie die folgende Spezies Indigo liefern.

E. lamiifolium Benth. et Hook., Südamerika (Chile, Ekuador). G. Dragendorff (179).

Adenostemma viscosum Faust (Forst.). (*Adenostemma tinctorium* Cass.; *Verbesina lavenia* L., *L. erecta* Sw., *Spilanthus tinctorius* Lour.), China, Cochinchina. Liefert blaue Farbe. Loureiro (180).

b) Über den Nachweis des Indikans in der Pflanze.

Um Indikan, oder um es allgemeiner zu sagen, um die Muttersubstanz des Indigos nachzuweisen, kann man in folgender Weise vorgehen [H. Molisch S. 20 (181)]:

Makrochemisch läßt sich der Nachweis erbringen, indem man kleine Stücke der zu prüfenden Pflanze in einem Probierröhrchen mit verdünntem Ammoniak (98 cc Wasser und 2 cc käufliches Ammoniak) etwa ½ Minute kocht, über einen Platinkonus filtriert und dann nach dem Abkühlen mit wenig Chloroform ausschüttelt. Anstatt Ammoniak kann man auch 2%ige Salzsäure verwenden. Ist Indikan zugegen, dann färbt sich entweder bei Verwendung des Ammoniaks oder der Salzsäure, oder in beiden Fällen die Chloroformschicht blau oder violett, weil das beim Kochen entstandene Indigblau von Chloroform rasch und leicht aufgenommen wird. Da die Muttersubstanz nicht immer dieselbe ist, muß man den Versuch sowohl mit Ammoniak als auch mit Salzsäure machen. Bei *Polygonum tinctorium* z. B. gelingt die Überführung

in Indigblau mit Ammoniak nicht, weil hier offenbar die Muttersubstanz des Indigblaues nicht Indikan, sondern ein anderes Indolderivat sein dürfte, wie dies bereits für den Waid nachgewiesen ist.

Mikrochemisch läßt sich nach H. Molisch, Mikrochemie der Pflanze, folgendes Verfahren gut verwerten: Man bringt die Pflanzenteile in ein zylindrisches, mit gut eingeriebenem Stöpsel verschließbares Glasgefäß von etwa 100 bis 200 cc Volumen, und stellt gleichzeitig auch ein kurzes Probierglas mit absolutem Alkohol oder Ammoniak ein. In dieser Atmosphäre verweilen die Objekte gewöhnlich 24 Stunden. Dünne Pflanzenteile können auch kürzere Zeit darin belassen werden, dickere hingegen (Stengel, Scheinknollen von Phajus usw.) müssen, wenn sie nicht gehörig zerkleinert worden sind, mehr als einen Tag den Dämpfen ausgesetzt bleiben. Falls mit dem längeren Verweilen in dem Alkoholdampf die Gefahr einer Austrocknung verknüpft sein sollte, kann man ihr passend dadurch vorbeugen, daß man die Innenseite des Glasgefäßes mit nassem Filtrierpapier auskleidet.

Während des Verweilens der Pflanzenteile in der Alkoholatmosphäre erleidet das Indikan in den Zellen eine Zerlegung, was sich z. B. an den weißen Blüten von *Polygonum tinctorium* Ait Färbeknöterich (Polygonacee), *Calanthe, Phajus* (Orchidaceen) und anderen wegen des das Indigblau deckenden Chlorophyllfarbstoffes durch eine entsprechende Verfärbung zu erkennen gibt. Nach der Behandlung mit den erwähnten Dämpfen legt man die Objekte in absoluten Alkohol ein, um das Chlorophyll zu extrahieren. Sobald dieses weggeschafft ist, gibt sich die Verteilung des Indigblaus, besonders auf weißer Unterlage, durch eine mehr oder minder intensive Blaufärbung zu erkennen.

Zum Zwecke der mikroskopischen Untersuchung bettet man Schnitte oder Bruchstücke der in der eben angegebenen Weise behandelten Pflanzenobjekte entweder direkt oder noch besser nach dem Abspülen in reinem Wasser in Chloralhydrat (5 Teile Chloralhydrat auf 2 Teile Wasser) ein, worin die Gewebe sich schon aufhellen und das Indigblau deutlich erkennen lassen.

Diese Methode hat überdies den großen Vorteil, daß man nach der Extraktion des Chlorophylls gewöhnlich schon mit bloßem Auge die Verteilung des Indigblaues in den verschiedenen Organen oder in der ganzen Pflanze übersieht. So läßt ein nach dem erwähnten Verfahren (Alkoholdampf) behandelter blühender Zweig vom Färbeknöterich die Laubblätter, abgesehen von der Mittelrippe und den Seitennerven, tiefblau, die Ochrea, den Stengel und die Blüten aber in ihrer natürlichen Farbe erscheinen. Es leistet somit diese Methode für den Indikannachweis Analoges wie die sogenannte Sachssche Jodprobe für den Stärkenachweis.

Es muß hervorgehoben werden, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, ob man für die Indikanprobe Alkohol, Ammoniak oder Chloroform verwendet, da die verschiedenen Indigo liefernden Pflanzen darauf verschieden reagieren. Daher muß für jede Pflanzenart erprobt werden, womit die Probe ausgeführt werden soll. Bei Phajus und Calanthe z. B. erhält man die besten Resultate mit Alkohol, hingegen bei Isatis (wo als Muttersubstanz des Indigblaues eine Indoxylverbindung vorliegt) nicht mit Alkohol, sondern mit Ammoniak.

Das Indigblau läßt sich auch direkt aus dem Blatte heraussublimieren. Es genügt, ein Stück Blatt von Phajus oder Isatis zu verreiben und das Gereibsel der Sublimation auszusetzen. [Vgl. über die Technik der Mikrosublimation H. Molisch (182)]. Man erhält dann ein Sublimat, bestehend aus bräunlichen Tröpfchen und zahlreichen tiefblauen Kriställchen: Nadeln, Prismen, Spindeln, T-förmige Gebilde, rechtwinklige Täfelchen mit oft so stark eingebuchteten Kanten, daß sie wie Kreuze erscheinen u. a.

Mikroskopisch läßt sich das Indigblau im Zellinhalt gewöhnlich in Form zahlreicher tiefblauer Körnchen oder Kriställchen erkennen, die bald verstreut oder zu kleinen Häufchen angeordnet herumliegen

und die Löslichkeit des Indigblaues erkennen lassen.

M. W. Beijerinck (183) hat darauf aufmerksam gemacht, daß bei gewissen Indikanpflanzen, z. B. bei *Indigofera* durch die Alkohol- oder Ammoniakprobe nur ein Teil des Indikans in Indigoblau umgewandelt wird. Er erklärt dies so, daß durch den Alkohol oder das Ammoniak nicht nur das Plasma getötet, sondern auch das Enzym zerstört wird, sodaß das Indikan nicht zerlegt werden kann. Er schlägt daher vor, die Pflanzenteile zuerst der Luft vollständig zu entziehen, sie hierdurch zu töten und dann erst dem Ammoniakdampf auszusetzen. Dieses doppelte Ziel, das Plasma zu töten und das Indoxyl frei zu machen, erreicht man nach Beijerinck durch völliges Untertauchen der Blätter in Quecksilber. Hierbei sterben die Blätter bald ab, Enzym und Indikan mischen sich und können aufeinander wirken. Bei günstiger Temperatur ist das Indikan nach wenigen Stunden zersetzt, das freigewordene Indoxyl verbleibt im Blatt, und wenn dann die Blätter längere Zeit dem Ammoniakdampf ausgesetzt werden, so bildet sich reichlich Indigblau, das nach Wegschaffung des Chlorophylls mit heißem Alkohol und etwas Salzsäure zur Anschauung kommt. Alte Indigofera-Blätter, die nach der Alkoholprobe behandelt ganz farblos bleiben, zeigen nach Beijerinck nach dem Quecksilber-Ammoniak-Experiment eine intensive Blaufärbung.

Sitz des Indikans: Das Indikan kann bei den verschiedenen Indigopflanzen in verschiedenen Organen und Geweben auftreten, doch liegt seine Hauptmasse wohl in der Regel in den Laubblättern, zumal in den jungen, sich noch entfaltenden. Innerhalb des Laubblattes findet sich das Glukosid gewöhnlich im chlorophyllführenden Mesophyll und in der Oberhaut. Die Wurzel enthält wenig oder gar kein Indikan, Samen und Frucht sind bei den untersuchten Arten frei davon [H. Molisch (184)].

Das Indikan wird in der Zelle gewöhnlich durch ein Ferment gespalten, und es ist die Frage, ob Indikan und Ferment in getrennten Elementen oder in ein und derselben Zelle vorkommen, und, wenn das letztere der Fall sein sollte, ob Indikan und Ferment innerhalb der Zelle getrennt lokalisiert erscheinen. H. Molisch (185) hat schon darauf aufmerksam gemacht, daß in Blättern von Phajus und Calanthe, die der Alkoholprobe, und in Blättern von Isatis, die der Ammoniakprobe unterworfen wurden, es hauptsächlich die Chlorophyllkörner sind, die die Blaufärbung aufweisen. Der Grund könnte ein zweifacher sein. Entweder führen die Chlorophyllkörner das Ferment oder das Indikan, oder sie enthalten beides. Beijerinck (II, IV) ist nun der Meinung, daß das Plasma das Indikan und die Chlorophyllkörner das Ferment führen, und er stützt sich hierbei auf folgende Versuche (a und b).

a) Ein frischer, nicht zu dünner Querschnitt durch das Blatt einer Indikanpflanze (*Phajus grandiflorus* Lindl. = *Phajus grandiflorus* Rchb., Familie Orchidaceae, China) wird in eine siedende Mischung von konzentrierter Salzsäure und Eisenchlorid getaucht. Das Indikan wird darin sofort zersetzt, und das freigewordene Indoxyl wird rasch zu Indigblau oxydiert, das sich im Mikroskop in Form blauer Körnchen, ausschließlich im Plasma des grünen Parenchyms und der Epidermis zu erkennen gibt.

Werden lebende Schnitte in eine siedende Mischung von konzentrierter Salzsäure und Isatin eingetaucht, so geht das Indikan in Indigrot über, und dieses setzt sich gleichfalls im Plasma in Form roter Kristallnadeln ab. Das Indikan hat daher nach Beijerinck ausschließlich seinen Sitz im Plasma.

b) Werden mikroskopische, lebende Schnitte in eine Indikanlösung (Abkochung von *Indigofera* oder *Polygonum*) getaucht, so werden sie in kurzer Zeit schwärzlichblau, und die mikroskopische Untersuchung lehrt, daß sich das Indigblau nur in den Chlorophyllkörnern des grünen Mesophylls und in den Schließzellen der Epidermis niederschlägt. Tötet und extrahiert man aber die Schnitte vorher mit Alkohol, so breitet sich das Enzym in der Zelle aus, und wenn dann die Schnitte in eine Indikanlösung getaucht werden, so färben sie sich gleichmäßig intensiv blau. Daraus

schließt Beijerinck, daß das Ferment seinen Sitz ausschließlich in den Chromatophoren hat, und dasselbe gilt nach ihm auch für das Ferment des Waids, die Isatase, die die Spaltung der Indoxylverbindung bewirkt.

Bei der Wiederholung seines unter a) geschilderten Versuches fand Molisch jedoch nicht bloß das Plasma, sondern auch die Chlorophyllkörner oft intensiv blau gefärbt, weshalb ihm die Frage über den Sitz des Indikans innerhalb der Zelle noch nicht vollständig geklärt erscheint.

Mit dem mikrochemischen Nachweis des Indikans hat sich in letzter Zeit auch H. M. Leake (186) beschäftigt; sein Verfahren ist aber leider so kompliziert und umständlich, daß man sich mit dem Hinweis darauf begnügen muß [H. Molisch (187)].

c) Die Gewinnung des Indigos.

Bekanntlich enthalten die lebenden Indigopflanzen den Indigo nicht fertig gebildet, sondern nur seine Muttersubstanz, zumeist das Indikan, ein Glukosid, das nach dem Absterben der Blätter unter dem Einflusse eines Fermentes oder durch Hydrolyse (Einwirkung von Säuren) in eine Zuckerart (Glukose) und Indoxyl und weiter durch Oxydation des letzteren in Indigblau übergeführt wird (s. S. 316).

Eine rationelle Indigoerzeugung wird immer darauf hinarbeiten müssen, das Indikan bzw. das Indoxyl aus der Pflanze zu extrahieren, um dasselbe außerhalb der Pflanze in Indigo überzuführen. Die Art und Weise, wie dies geschieht, ist nicht immer dieselbe, ist zu verschiedenen Zeiten verschieden gewesen und wurde bisher oft in wesentlichen Punkten ohne die nötige wissenschaftliche Grundlage beschrieben.

Molisch hat sich während seines Aufenthaltes auf Java speziell die Indigobereitung zum Gegenstande seiner Studien gemacht und in Klatten (Mitteljava), dem Zentrum der javanischen Indigokultur, mit dem 1897 46 Indigounternehmungen verbunden waren, Gelegenheit gehabt, die Indigobereitung an Ort und Stelle kennen zu lernen, und schildert sie nach seinem eigenen Beobachtungen und Aufzeichnungen. [Über Indigobereitung vgl. Molisch (188), Roxburgh (189), Miquel (190), H. Semler (191), v. Romburgh (153), Perrottet (192), G. Watt (193).]

Die Indigofera-Samen werden — man verwendet derzeit gewöhnlich Natal-, seltener Guatemala-Indigo, von denen es sehr zahlreiche Varietäten gibt — entweder direkt auf dem Felde ausgesät, oder man zieht auf besonderen Beeten junge Pflanzen heran, die dann auf den Acker überpflanzt werden, und zwar $^2/_3$ m voneinander entfernt. Gedüngt wird ausschließlich mit dem ausgelaugten Laub von Indigofera. Beiläufig 100—120 Tage nach der Überpflanzung kann bereits geerntet werden, und nach diesem zumeist im November erfolgenden ersten Schnitt kann dann im Januar noch ein zweites Mal und anfangs März noch ein drittes Mal geschnitten werden. Darauf baut man Reis oder man läßt die Pflanzen, falls noch auf den vierten Schnitt gerechnet wird, weiter wachsen.

Das Indigoergebnis bei den verschiedenen Ernten ist nicht gleich, denn unter normalen Verhältnissen verhalten sich die von denselben Pflanzen gewonnenen Ernten wie 5 : 4,5 : 3. Ist die Entwicklung der Saat vor dem ersten Schnitt durch Trockenheit stark gehemmt, so kann die zweite Ernte ergiebiger ausfallen als die erste.

Die zum Extrahieren bestimmten belaubten Sprosse werden zeitlich morgens 5 Uhr geschnitten und rasch auf Wagen in die Fabrik gebracht. Die geernteten Sprosse sind ½—1 m oder darüber lang. Manche Pflanzer lassen am Strauch einen Sproß stehen, weil sonst die zurückbleibenden Aststummel stark bluten.

In der Fabrik angekommen werden die Zweige in große, wohl auszementierte, rechteckige Steinbassins schief aufrecht dicht übereinander geschichtet, die oberste Lage mit einigen Bambusrohren bedeckt, auf die senkrecht dazu schwere Druckbalken zu liegen kommen, um die Sproßmasse unter Wasser niederzuhalten. Ist die Arbeit soweit gediehen, so läßt man hierauf das Wasser in die Bassins einlaufen, bis die ganze Blattmasse unter Wasser taucht und das Wasser etwa

10 cm über die Pflanzen emporragt. Die Bassins sind ziemlich groß. Ein von Molisch gemessenes war 15 Schritte lang und 10 Schritte breit. Sie liegen im Freien und sind bloß durch ein Dach gegen Regen und Sonne geschützt. Auf Java wird in den meisten Fabriken dem in die Bassins eingelassenen Wasser eine gewisse Menge Kalk zugesetzt. Und zwar wird entweder Wasser von gewöhnlicher Temperatur oder auf den Vorschlag von van Lookeren-Campagne Wasser von über 50° (der genaue Grad ist Fabrikgeheimnis) verwandt.

Der Kaltwasserbetrieb. Selbst wenn man sich des kalten Wassers bedient — dieses hatte in einem von Molisch beobachteten Falle eine Temperatur von 25,3° C —, vollzieht sich der Indikanaustritt relativ sehr schnell, nämlich nach 6—9 Stunden. Die Flüssigkeit ist am Ende der Extraktion oberflächlich klar und nicht auffallend gefärbt. Eine von der Oberfläche mittels eines Probierglases geschöpfte Flüssigkeitsprobe zeigt eine schwache Fluoreszenz und eine ganz schwache gelbliche Färbung. Anders aber, wenn man das Wasser aus den unteren Schichten aufrührt. Da sieht man sofort Wolken der stark grünblau fluoreszierenden Flüssigkeit aufsteigen, und ein Probierglas solchen Wassers geschöpft, weist eine stark blaugrüne Fluoreszenz, starke Indikanreaktion und im durchfallenden Lichte eine gelblichgrüne Farbe auf.

Der auffallend rasche Austritt des Indikans beruht auf dem Absterben der Blattzellen infolge von Sauerstoffmangel [Molisch (194)]. Die Blätter ersticken, wodurch ihr Protoplasma für das Indikan durchdringbar wird. Da sie in der Tiefe des Wassers begreiflicherweise weniger Sauerstoff zur Verfügung haben als oben, so sterben sie unten früher ab, und es ist dies der Grund, warum die unteren Flüssigkeitsschichten sich viel früher mit Indikan beladen als die oberen.

Man hat es bisher als selbstverständlich betrachtet, daß es sich hier um einen Gärungsprozeß handelt, bei dem bestimmte Bakterien eine sehr wichtige Rolle spielen [E. Alvarez (195)]. Allein in den Fermentierbassins finden sich selbst nach 8—10stündiger Extraktion so gut wie keine Bakterien. Würden diese die Spaltung des Indikans in Indoxyl und Zucker besorgen, so müßte ihre Menge eine sehr große sein, ihre Zahl ist aber sicher eine sehr geringe und nach den mikroskopischen Beobachtungen von Molisch nicht oder unbedeutend größer als in dem verwandten Wasser vor der Zuleitung in die Bassins. Daß die wenigen vorhandenen Bakterien bei dem Prozeß der Indigobereitung keine Rolle spielen, geht auch daraus hervor, daß man in den Fabriken alles tut, um Bakterien ja nicht aufkommen zu lassen, denn so wie die Bassins abgelassen werden, werden diese auf das sorgfältigste mit Karbolsäure gereinigt. Wird dies verabsäumt und die Reinlichkeit vernachlässigt, dann treten reichlich Bakterien auf, es tritt, wie der Javaner sich ausdrückt, »Moeroeh« (sprich Muruh) auf, d. h. die Indigobildung unterbleibt völlig oder nahezu ganz, weil durch auftretende Bakterien andere, die Indigoentstehung hemmende Umsetzungen um sich greifen.

Nach 8—10stündigem Aufenthalt im Extraktionsbassin wird das Wasser abgelassen. In mächtigem, grünlichem Strome ergießt sich der Extrakt in ein anderes Bassin, schon nach wenigen Minuten bildet sich himmelblauer Schaum; Klopfer, die an einer Längsachse befestigt sind, setzen sich in kreisende Bewegung, tauchen ein, erheben sich beladen mit Flüssigkeit, um diese gleich darauf wieder ablaufen zu lassen, kurz, es wird die Flüssigkeit in sehr praktischer Weise ordentlich mit Luftsauerstoff in Berührung gebracht und hierdurch das gesamte Indoxyl in etwa 2 Stunden in Indigo übergeführt. Malaiische Arbeiter zerteilen, am Rande des Bassins stehend, mit Schaufeln den während des Klopfens sich an der Oberfläche bildenden Schaum, wodurch die Durchlüftung ebenfalls gefördert wird. Erwähnt sei ferner, daß die aus den Extraktionsbassins ablaufende Flüssigkeit unmittelbar vor ihrem Eintritt in die Klopfbassins (Schlagkufen) mit Ätzkalklösung vermischt wird, ein Verfahren, das die Indigobildung und dessen Abscheidung in hohem Grade fördert.

Der in den Klopfbassins abgesetzte Rohindigo oder, wie der technische Aus-

druck lautet, die »Rohpappe« wird auf Filtern zum Abtropfen gebracht, mit Wasser ausgelaugt, oder gekocht und nunmehr noch einer gründlichen chemischen Reinigung unterworfen, das gereinigte Produkt in Form kleiner Ziegel gepreßt und schließlich in künstlich gewärmten Kammern getrocknet.

Warmwasserbetrieb. In den Fabriken Javas fängt man seit einigen Jahren an, nicht mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur, sondern mit Wasser von über 50° zu extrahieren. Die Erfolge sind nach Molisch sehr gut und das ganze Verfahren ist wesentlich beschleunigt, da die Auslaugung des Indikans in viel kürzerer Zeit erfolgt. Während bei dem Kaltwasserverfahren das Blatt das Farbstoffglukosid erst abgibt, wenn es keinen Sauerstoff mehr hat und aus diesem Grunde abstirbt, wird das Blatt in dem warmen Wasser nach ganz kurzer Zeit, sobald es die höhere Temperatur des Wassers angenommen hat, vom Tode ereilt. Daher sieht man dann auch die Flüssigkeit schon nach der ersten Viertelstunde infolge des Indikanaustritts blaugrün fluoreszieren. Die Blätter bleiben nur etwa 3—5 Stunden im warmen Wasser; während dieser verhältnismäßig kurzen Zeit ist die Extraktion des Glukosids infolge der höheren Temperatur, die bis zum Schlusse des Verfahrens sich auf beträchtlicher Höhe hält, beendigt. Im übrigen gleicht der Warmwasserbetrieb ganz dem Kaltwasserverfahren.

Obwohl zahlreiche Bakterien und andere Pilze das Vermögen besitzen, Indikan zu spalten und Indigblau daraus zu machen, wird die Spaltung bei der geschilderten Indigogewinnung nicht durch Bakterien, sondern durch ein in den Zellen vorhandenes Ferment bewirkt [Molisch (196)]. Nach den Untersuchungen von L. Bréaudat (197) kommen bei Isatis und Indigofera zwei Fermente vor, eines, welches das Indikan spaltet, und ein zweites, welches das Indigweiß oxydiert.

Die fabrikmäßige Indigobereitung auf Java ist — abgesehen von dem Austritt des Indikans aus den infolge von Sauerstoffmangel absterbenden Blättern — ein rein chemischer und kein physiologischer Prozeß. Die Indigofabrikation auf Java beruht demnach nicht auf einem Gärungsprozeß. Dieses Ergebnis wurde später bestätigt von A. Schulte (198).

An anderen Orten wird der Indigo auch aus getrockneten Blättern gewonnen [G. v. Georgievics (199)]. Die Pflanzen werden bei schönem Wetter geschnitten, zwei Tage lang im Sonnenschein getrocknet, gedroschen, um die Blätter von den Stengeln zu trennen, und in Magazinen aufbewahrt. Nach einwöchentlicher Lagerung haben die Blätter ihre grüne Farbe verloren und ein lichtes Blaugrau angenommen. Während die Blätter, bevor sie diesen Farbenübergang aufweisen, bei Extraktion mit Wasser kein Pigment abgeben sollen, tut dies das blaugraue Laub in hohem Grade. Derartige Blätter werden in einer Kufe mit der sechsfachen Menge Wasser eingeweicht und zwei Stunden unter fortwährendem Umrühren darin belassen. Nach dieser Zeit wird das grün gewordene Mazerationswasser in die Schlagkufe eingelassen, in der der Indigo in der beschriebenen Weise erzeugt wird.

Ebenso wie bei Indigofera hatte man früher auch beim Waid den Indigofarbstoff entweder direkt aus den frischen Blättern oder auf den Vorschlag von J. B. Heinrich (200) in vorteilhafter Weise vermittelst der Extraktion abgewelkter oder trockener Blätter gewonnen.

In ganz anderer Weise wird in Japan aus dem Färberknöterich, *Polygonum tinctorium* Ait. Indigo bereitet. Professor J. Rein (201), der gründliche Kenner Japans, berichtet darüber folgendes: »Die Blätter breitet man an der Sonne zum Dörren aus, und zwar oft ohne jede Unterlage vor den Häusern, so daß der Straßenstaub nicht ausgeschlossen bleibt. Sie werden dadurch matt dunkelgrün und kommen in diesem Zustande in Strohseilsäcke zur Aufbewahrung für weitere Behandlung. Diese erfordert 70 bis 80 Tage Zeit und unterscheidet sich dadurch und sonst sehr wesentlich von den kurzen Mazerationsprozessen, durch die man anderwärts aus anderen Gewächsen Indigo gewinnt. Es ist eine Art Gärungs-

prozeß, der mit viel Geschick und Aufmerksamkeit geleitet werden muß. Dabei werden die Blätter mit einer bestimmten Menge Wasser benetzt und gemengt, dann ausgebreitet und 3—5 Tage lang mit Matten bedeckt sich selbst überlassen. Hierauf wiederholt man dies Verfahren im ganzen 9—20 mal, bringt die Blätter schließlich in einen hölzernen Mörser, in dem man sie während zweier Tage in eine teigige Masse von dunkelblauer Farbe verarbeitet. Man macht daraus Ballen (Aitama) von der Dicke der Billardkugeln und darüber und bringt sie so in den Binnenhandel. Es ist dies Indigo mit vielerlei Verunreinigungen, wie er allgemein zum Blaufärben dient.« Aus dieser Schilderung ist zu ersehen, daß das in Japan übliche Verfahren ein sehr primitives, ungemein langwieriges und vom theoretischen Standpunkt wohl leicht zu verbesserndes ist. Beim Eintrocknen der Blätter wird nach Erfahrungen, die Molisch mit selbstgezogenen Polygonumpflanzen gemacht hat, ein großer Teil des Indikans unter dem Einfluß des Zellinhaltes (Fermentes) innerhalb der Zellen als Indigo abgeschieden. Bei der Gewinnung eines halbwegs reinen Produktes wäre aber in erster Linie darauf hinzuarbeiten, das Indikan auszuziehen und außerhalb des Blattes in Indigo überzuführen. In der Tat wird nach der Einführung (1835) der Polygonum-Indigokultur in den russischen Besitzungen des Kaukasus aus dem Färbeknöterich der Farbstoff bereits nach dem angedeuteten Prinzip gewonnen, d. h. das Indikan wird, wie bei anderen Indigopflanzen, durch Einlegen der jungen Blätter in Wasser zunächst extrahiert.

d) Physikalisch-mikroskopisch-chemische Charakteristik des Indigos.

Die besseren und besten Indigoarten kommen zumeist in ziegel- oder würfelförmigen Stücken (etwa 6 cm lang) oder in mehr oder minder großen Bruchstücken in den Handel. An der Oberfläche tragen die Würfel häufig eine mit einer Stampiglie eingeprägte Marke, die besagt, aus welcher Faktorei und aus welcher Gegend die Indigosorte stammt, z. B. I. S. n. C. Seetulpore.

Alle Würfel und Ziegel haben nach Molisch an ihrer Oberfläche einen grauen Anflug, von dem weiter unten noch die Rede sein wird, und die aus Indien, z. B. aus Bengalen stammenden, lassen außerdem, im Gegensatz zu denen aus Java, auf einer oder mehreren Flächen einen netzartigen Eindruck der Leinwand erkennen, auf der sie beim Trocknen lagen.

Die Handelsware besteht nicht bloß aus Indigoblau, sondern noch aus verschiedenen Beimengungen, die die Qualität des Indigos mitbestimmen. Indigblau kommt in wechselnden Mengen vor; die besten Sorten enthalten davon 70 bis 90 %, geringere Sorten 40—50 % und die geringsten oft nur etwa 20 %. Neben Indigblau treten auf: Indigrot, Indigbraun, Indigleim und Aschesubstanzen. Wurde der Indigo bei seiner Bereitung nicht gekocht, so enthält er noch einen gelben Extraktivstoff, der, in größerer Menge vorhanden, dem Indigo einen grünen Stich verleiht.

Je nach dem Aussehen werden die verschiedenen Sorten als Superfeinblau, Feinblau, Blauviolett, Purpurviolett usw. bezeichnet. Die meisten Arten sind dunkelblau, von gleichmäßigem Korn, haften an der Zunge und nehmen beim Ritzen mit einem Glassplitter oder dem Fingernagel einen schönen Kupferglanz an. Frische Bruchstellen zeigen bei guten Sorten einen purpurblauen Reflex. Bei der Beurteilung der Güte kommt nicht so sehr der Kupferglanz und das spezifische Gewicht in Betracht, sondern in erster Linie die Struktur. Gute Sorten sind dicht, dabei spezifisch leicht und nicht hart. Sie sind nicht körnig, sondern von fein teigiger Beschaffenheit. Guter Indigo verbrennt leicht unter Entwicklung von Purpurdampf und Zurücklassung nicht grauer, sondern rostfarbiger Asche. Die angeführten Merkmale können nur zur beiläufigen Orientierung dienen, eine genaue Wertbestimmung des Indigos fußt stets auf genauer Feststellung des Gehaltes an Indigblau.

Verreibt man eine kleine Probe von Indigo unter sanftem Druck des Deckglases mit Wasser, so erblickt man im Mikroskop eine Unzahl kleiner blauer Pünktchen und Bröckchen. Von kleinen

eben noch sichtbaren Körnchen, die in lebhafter Brownscher Molekularbewegung begriffen sind, bis zu kleinen Bröckchen und größeren unregelmäßigen Brocken finden sich alle Übergänge vor. (Vgl. Abb. 15.)

Als nahezu konstanten Bestandteil des aus Indigofera erzeugten Indigos findet Molisch in solchen Präparaten die Haare des genannten Strauches. Die Stengel und gefiederten Blätter von Indigofera (Anil, tinctoria usw.) sind mit sehr charakteristischen Haaren von der Form eines niedrigen T bedeckt, die man, zumal an

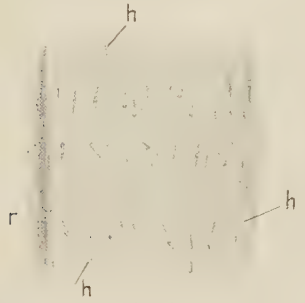


Abb. 13.
Stück der Unterseite eines Fiederblättchens von *Indigofera anil* im Lupenbilde. *h* Haare, annähernd parallel zum Mittelnerv *r* gelegen.

Abb. 14.
Indigofera anil. Blattquerschnittstück. Vergr. etwa 250 mal. $e\,e_1$ Epidermis, *s* Spaltöffnungen, *p* Palisaden-, *sp* Schwammparenchym, *g* Gerbstoffzellen, *t* T-Haar.

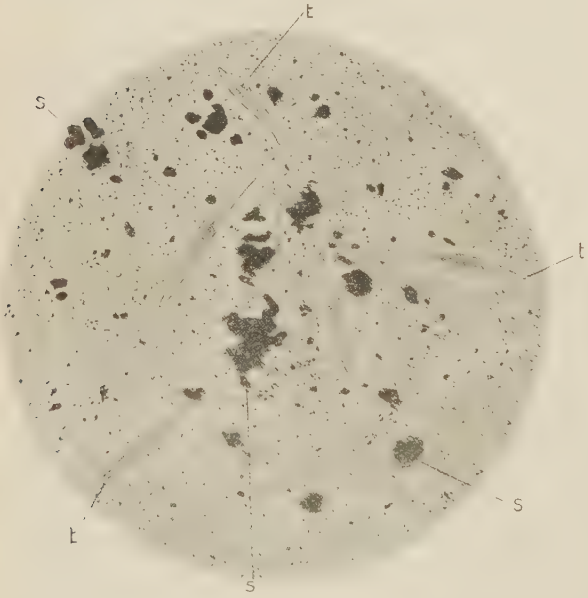


Abb. 15.
Mikroskop. Präparat von *Indigopulver,* mit Salpetersäure behandelt. Zwischen den zahllosen Indigokörnchen größere Brocken Indigo *s* und fünf T-Haare *t*. Vergr. etwa 100 mal.

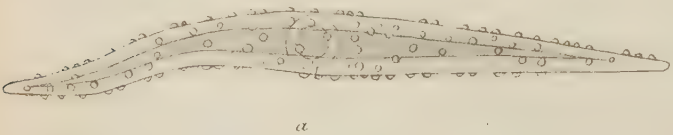


Abb. 16.
Ein T-Haar aus Indigopulver, stärker vergrößert (300 mal), bei *a* die Ansatzstelle.

der Unterseite der Fiederblättchen, schon mit der Lupe als weißliche Striche wahrnehmen kann. Die Striche liegen zumeist parallel zur Längsachse des Fiederblättchens (Abb. 13). Über die Gestalt und die Befestigung des Haares gibt die Abb. 14 Aufschluß. Diese stellt ein Stück des Blattquerschnittes dar. Er zeigt die obere und untere Epidermis ee_1 mit den Spaltöffnungen *s* und das dazwischenliegende chlorophyllreiche Mesophyll, bestehend aus dem Palisadenparenchym *p*, dem Schwammparenchym *sp* und den relativ großen Gerbstoffzellen *g*. Unterseits liegt ein mit rundlichen Höckern versehenes T-Haar eingesenkt, das auf einer kurzen, derben Stielzelle aufsitzt. Bei der Bereitung des Indigos lösen sich viel Haare von der Pflanze ab und kommen dadurch in den Farbstoff hinein.

Man findet die T-Haare leicht, wenn man eine kleine Probe Indigo auf dem Objektträger mit einem Tropfen Salpetersäure verreibt. Die Salpetersäure

macht die Haare, weil sie den dunklen Indigo entfärbt bzw. braungelb färbt, so deutlich, daß man bei vielen Haaren noch die Ansatzstellen bemerken kann (Abb. 15). In Abb. 16 ist ein solches Haar stärker vergrößert abgebildet.

Molisch macht auf dieses Leitfragment besonders aufmerksam, weil es ein sicheres Kennzeichen abgebe für die Anwesenheit von Indigofera-Indigo, und weil es in Zukunft ein gutes Unterscheidungsmittel werde abgeben können zwischen natürlichem (Indigofera-) Indigo und Kunstindigo.

Die Oberfläche der Indigowürfel und -ziegel erscheint regelmäßig grau angelaufen. Unterm Mikroskop läßt sich leicht

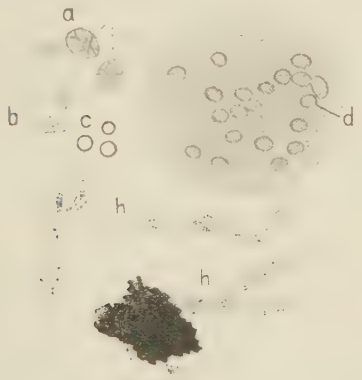


Abb. 17.
Pilzfäden und Pilzsporen von der Oberfläche eines Indigowürfels. Vergr. etwa 250 mal.

feststellen, daß das graue Häutchen großenteils aus Pilzen besteht, die sich zur Zeit, als die Ziegel noch feucht waren, hier angesiedelt haben (Abb. 17). Man findet gewöhnlich ziemlich große, braune Sporen a mit vorspringenden netzartigen Verdickungen der Außenmembran, tiefbraune Sporen b mit glatter Haut, farblose runde Sporen c und endlich gelbbraune d, die letzteren oft zu Hunderten in Brocken von Pilzgeweben eingebettet. Dazwischen liegen Bruchstücke mehrzelliger Pilzfäden, von Indigokörnchen oft über und über bedeckt, daher blau erscheinend (h). Auch Bakterien in Kokkenform können an der Zusammensetzung von solchen grauen Häutchen teilnehmen. All die genannten Pilzbestandteile können auch im Innern der Indigowürfel, jedoch hier immer viel spärlicher, auftreten.

Neben dem Indigblau finden sich im Indigo Indigleim und zwei Farbstoffe vor: Indigrot und Indigbraun.

Indigleim stellt eine gelblich glänzende Masse dar, die in Wasser, verdünnten Säuren, Alkalien und Weingeist löslich ist und durch Gerbsäure gefällt wird.

Indigbraun ist braun, amorph, unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren, in Alkohol sehr wenig, in Alkalien aber leicht löslich.

Indigrot erscheint als eine braunrote, amorphe Masse, die in Weingeist und Äther, nicht aber in Wasser, Alkalien und verdünnten Säuren löslich ist.

Das Indigblau (Indigotin) $C_{16}H_{10}O_2N_2$ bildet, auf nassem Wege dar-

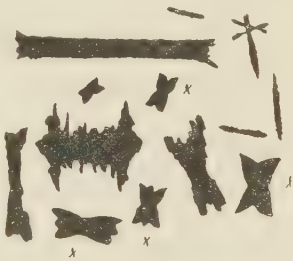


Abb. 18.
Indigokristalle, durch Sublimation erhalten. Die x-Form bes. charakteristisch. Vergr. etwa 250 mal.

gestellt, ein amorphes blaues Pulver, das beim Reiben den dem Indigo eigentümlichen Kupferglanz aufweist, durch Sublimation erhalten liefert es purpurfarbige, blättrige Kristalle, die im durchfallenden Lichte tief dunkelblau erscheinen. Das Indigblau ist geruch- und geschmacklos, unlöslich in Wasser, Äther, verdünnten Säuren und Alkalien, wenig löslich in heißem Weingeist und Terpentinöl, hingegen relativ leicht löslich in Steinkohlenbenzin, Chloroform und Petroleum, und zwar mit blauer Farbe. Aus heißem Terpentinöl und Anilin erhält man wohlausgebildete blaue Kristalle. Bei vorsichtigem Erhitzen auf 290° verflüchtigt sich das Indigblau in purpurfarbenen Dämpfen, die sich zu charakteristischen in der Abb. 18 abgebildeten Kristallen kondensieren.

Das Indigblau hat die Eigenschaft, mit reduzierenden Substanzen farbloses In-

dig weiß zu liefern $C_{16}H_{12}O_2N_2$, das sich in Alkalien und alkalischen Flüssigkeiten leicht löst und sich bei Luftzutritt wieder zu unlöslichem Indigblau oxydiert. Von dieser Eigenschaft wird in der sog. Küpenfärberei ausgedehnter Gebrauch gemacht, indem man die zu färbenden Stoffe mit der in einer Küpe bereiteten Indigweißlösung tränkt und dann wieder der Luft aussetzt, wobei sich die Faser ohne Beize blau anfärbt.

Indigblau wird bereits in der Kälte durch konzentrierte Schwefelsäure mit schön blauer Farbe unter Bildung von Indigblaumono- und Disulfosäure gelöst. Verdünnt man diese Lösung mit Wasser, so fällt die Monosulfosäure aus, während die Disulfosäure $C_{16}H_8O_2N_2(SO_3H)_2$ in Lösung bleibt. Diese Säure wurde früher in ausgedehntem Maße in der Sächsischblaufärberei verwandt. Man verfuhr dabei in der Weise, daß man die Wolle etwa einen Tag lang in einer Lösung von schwefelsaurem Indigo liegen ließ, dann herausnahm, abtropfen ließ und mit einer alkalischen Flüssigkeit kochte. Die so erhaltene Farbstofflösung („Bläue" oder „abgezogenes Sächsischblau«) diente zum Färben von Wolle und Seide. Gegenwärtig wird das Natriumsalz der Indigblaudisulfosäure als Indigokarmin verwandt.

Die Indigblaulösungen geben ein charakteristisches Absorptionsspektrum, ausgezeichnet durch ein Band zwischen D und d, das nach Rot hin scharf abgegrenzt ist.

Die Sublimierbarkeit des Indigos kann man nach den Erfahrungen von Molisch auch bei mikroskopischen Untersuchungen küpenblau gefärbter Stoffe verwerten, denn wenn man auf einem hohlen Platinblech ein Stück des zu prüfenden Stoffes vorsichtig erhitzt und ein Deckgläschen darüberlegt, so kondensiert sich das Indigblau in Form der in Abb. 18 abgebildeten Kristalle. [Vgl. über die Mikrosublimation des Indigos auch: H. Molisch (202)]. Es ist begreiflich, daß man einen so ausgezeichneten und teuren Farbstoff auch vielfach zu verfälschen suchte.

In Indien wird Indigo häufig mit Asche, geschlämmter Erde, Sand, Schiefermehl und Ziegelpulver vermengt. In Ostindien fügt man dem Indigo auch Gummi oder einen Auszug aus der Frucht von *Embryopteris gelatinofera* G. Don (Ebenaceae) zu [v. Georgievics (203)].

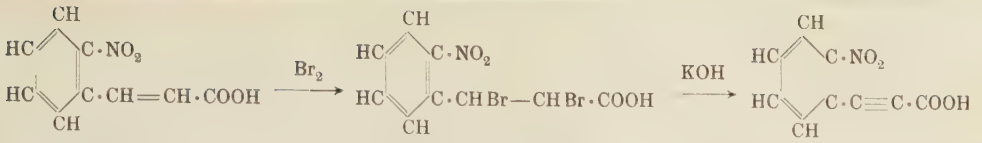
Die mineralischen Fälschungen lassen sich durch den hohen Aschengehalt, die beiden letzteren Verfälschungsarten durch die leichte Erweichbarkeit und das Schleimigwerden des Indigos in Wasser erkennen.

Zu den in Europa beliebtesten Verfälschungen gehören: Stärke, Dextrin, Leim, Farbstoffextrakte, fein gestampfte blauwollene und seidene Lumpen, Berlinerblau, Ruß und Harz. Handelt es sich um Zusätze organischer Art, so wird das Mikroskop, in anderen Fällen die chemische Methode Aufschluß erteilen.

Die erfolgreichen Versuche, die zur künstlichen Darstellung des Alizarins und damit zur Verdrängung des Naturproduktes, des Krappfarbstoffes, vom Weltmarkte führten, haben begreiflicherweise die Chemiker angespornt, auch den Indigofarbstoff künstlich zu erzeugen. Dank den glänzenden Arbeiten von A. v. Baeyer in München ist dieses Ziel erreicht, auf die v. Baeyerschen Synthesen sind zahlreiche andere gefolgt [z. B. A. Salmony (204)], die gleichzeitig darauf abzielen, die Synthese so zu gestalten, daß die Gewinnung des Farbstoffes möglichst billig zu stehen kommt, um die Konkurrenz mit dem Naturprodukt aufnehmen zu können [A. Reißert (205)].

Fußend auf der Kenntnis der nahen Beziehung des Indigofarbstoffes zum Indol und seinen sauerstoffhaltigen Abkömmlingen, dem Oxindol, Dioxindol und Isatin, gelang es 1878 v. Baeyer, das Isatin und damit den Indigo auf synthetischem Wege herzustellen. Zwei Jahre später setzte derselbe Forscher die chemische Welt in Staunen durch die Entdeckung der Indigosynthese aus Orthonitrozimtsäure.

Bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Zimtsäure $C_6H_5 \cdot CH = CH \cdot COOH$ erhält man Orthonitrozimtsäure, die bei Behandlung mit Brom in ihr Dibromid übergeht. Beim Erhitzen mit KOH entsteht daraus unter Abspaltung von 2 Molekülen HBr Orthonitrophenylpropiolsäure



Orthonitrozimtsäure — Orthonitrozimtsäuredibromid — Orthonitrophenylpropiolsäure

und aus dieser durch Behandlung mit reduzierenden Mitteln in alkalischer Lösung Indigblau:

$$2\,C_6H_4\cdot NO_2\cdot C{-}C{-}COOH + 2\,H_2 = C_{16}H_{10}O_2N_2 + 2\,CO_2 + 2\,H_2O.$$

Die Badische Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen a. Rh. erzeugt jetzt nach dem Heumannschen Verfahren künstlichen Indigo, der den natürlichen fast vollständig zum Verschwinden gebracht hat. Hierbei wird aus Anthranilsäure (o-Aminobenzoesäure)

$$C_6H_4{<}^{NH_2}_{COOH}$$

und Monochloressigsäure Phenylglyzin-o-karbonsäure

$$C_6H_4{<}^{NH\cdot CH_2\cdot COOH}_{COOH}$$

erzeugt, die durch Schmelzen mit NaOH in Indoxyl

$$C_6H_4{<}^{NH}_{C(OH)}{>}CH$$

übergeführt wird. Aus dem Indoxyl entsteht schon durch Oxydation mit Luftsauerstoff Indigo.

Die Farbwerke vorm. Meister Lucius & Brüning in Höchst a. M. verwenden Anilin als Ausgangsprodukt für die Heumannsche Indigosynthese.

e) Der Indigo als Handelsware und seine Verwendung.

α) Die Handelsware.

Unter den im Handel befindlichen Indigosorten gab es zwar eine sehr große Anzahl, allein wenn man nur den Indigo des Weltmarktes im Auge hat, so kamen hierbei bloß Indigo aus Indien (Bengalen), Java und Guatemala in Betracht. Außer diesen gab es noch zahlreiche andere Sorten, diese hatten jedoch, wie z. B. der chinesische, afrikanische, der von Jamaika, Karolina, Kuba und Koromandel, nur geringe und lokale Bedeutung und gelangten auf den großen Indigomärkten in Rotterdam, Amsterdam und London gar nicht zur Versteigerung.

In der Handelswelt wurden Indigosorten mit gewissen Eigenschaften in bestimmter Weise benannt. So sprach man von:

sandigem Indigo, wenn die Stücke im Innern sandige Stellen aufwiesen;

fleckigem Indigo, wenn die Stücke mit kleinen weißen oder blauen Punkten besät waren;

havariertem Indigo, wenn die Stücke mit einer schimmelartigen Salzauswitterung bedeckt erschienen;

verbranntem oder windbrüchigem Indigo, wenn derselbe zu stark getrocknet wurde und daher in leicht zerdrückbare, schwarze Bruchstücke zerfiel; und von

gebändertem Indigo, wenn derselbe verschiedenfarbige Schichten aufwies.

β) Handelssorten.

Die größte Bedeutung hatten der Bengal-, Java- und Guatemalaindigo.

Der Bengalindigo. Bengalen (Indien) mit seinen drei großen Indigoprovinzen Niederbengalen, Béhar und Bénarés war berühmt durch seine Indigofabrikation. Von hier wurde Indigo von verschiedener Qualität und Farbe, von den besten bis zu den gewöhnlichsten Sorten in Kisten von 130—140 kg versandt. Die einzelnen Stücke der besten Ware stellten kubische oder prismatische Ziegel von 5—8 cm Seitenlänge dar. Jeder Ziegel trug eine Marke, bestehend aus dem Namen des Faktoreibesitzers und des Erzeugungsortes. Gute bengalische Indigoarten sind von dunkelblauer Farbe, von feinem, gleichmäßigem Korn und sind dadurch ausgezeichnet, daß sie an der Zunge haften, sich leicht pulverisieren lassen und beim Reiben mit dem Fingernagel leicht Kupferglanz annehmen. In Ansehen standen namentlich wegen ihrer guten Verwendbarkeit in der Küpenfärberei die rotvioletten Sorten, die von glänzendem Bruche, von großer Dichte und Härte sind.

Als weniger wertvoll galten die hellblauen und als besonders geringwertig solche mit einem Stich ins Graue oder Grünliche.

Javaindigo gehörte zu den allerfeinsten Sorten, zeichnete sich durch große Reinheit, durch geringe Mengen von Extraktivstoffen, durch seine Leichtigkeit und den ihm eigentümlichen Goldschimmer aus. Sein relativ geringer Farbstoffgehalt rührt von tonigen Beimengungen her. Seine Farbe ist bei den minderen Sorten reinblau oder schwarzblau, bei den besten prachtvoll blauviolett. Die Feinheit und Schönheit der Farbe, die Abwesenheit von kohlensaurem Kalk und die geringe Menge fremder organischer Bestandteile machen ihn namentlich zur Herstellung von Indigokarmin geeignet. Javaindigo wurde entweder in prismatische Stücke oder in abgeplattete vierseitige Tafeln geformt und kam in Ballen, die die Holländer Fradeln oder Katten nannten, in den Handel.

Guatemalaindigo (amerikanischer Indigo) bildete unregelmäßige Stücke, deren Größe und Gestalt verschieden waren. Sie kamen in Seronen (eiförmigen Säcken aus Büffelhäuten) in den Handel. In der Qualität näherten sich die Arten den geringwertigsten bengalischen Sorten, die besseren wurden leider mit schlechteren vermischt. Bemerkenswert war, daß namentlich die kleinen Stücke abgerundete, wie gedrechselte Flächen und stellenweise ein grünes Häutchen, den sogenannten »grünen Rock«, aufwiesen. Die Farbe war hellblau, rot- oder blauviolett. Die lebhaft blauen, zarten und gleichmäßigen Sorten hießen »Velores«, die weniger schönen »Sobresaliente«.

Neben diesen gab es noch einige Indigosorten, die von weit geringerer Bedeutung waren und die bloß der Vollständigkeit halber hier angeführt werden sollen:

Ägyptischer Indigo. Große würfelförmige Stücke, leicht dunkelblau, von glänzendem Strich und glattem Bruch.

Indigo von Isle de France, bestehend aus kleinen Würfeln.

Indigo vom Senegal. Häufig mit erdigen Substanzen verunreinigt, kam selten in den Handel.

Brasilianischer Indigo. Geringwertig, hart, oberflächlich grünlichgrau, innen kupferrot.

Karolinaindigo, eine der schlechtesten Arten, kleine harte Stücke von graublauer Farbe.

Manilaindigo. Reinblau, mit kohlensaurem Kalk stark verunreinigt, daher mit Salzsäure aufbrausend, geringwertig.

Madrasindigo. Kubische Stücke, leicht, haftet wenig an der Zunge, geringwertig.

γ) Die Anwendung des Indigos.

In alter Zeit wurde Indigo mit Gummiwasser fein verrieben als Malerfarbe verwandt. Er wurde auch, da er adstringierend wirken soll, bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts als Arzneimittel verwertet.

Seine überaus ausgedehnte Verwendung in der Färberei verdankt er seiner Eigenschaft durch Reduktionsmittel in eine lösliche Verbindung, in Indigweiß, übergeführt zu werden, das in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft wieder in unlösliches Indigblau umgewandelt wird. Eine derartige aus Indigo erzeugte Indigweißlösung führt den Namen »Indigoküpe«. Stoffe, die in eine solche Küpe eingetaucht werden, nehmen das Indigweiß auf und färben sich an der Luft infolge der Oxydation des Indigweiß echt blau. Die Methode, in einer solchen Lösung zu färben, nennt man Küpenfärberei. Die Reduktion des Indigblaus wird in vielen Fällen durch eine alkalisch gärende Flüssigkeit herbeigeführt, so bei der Waid-, Pottasche-, Soda- und Urinküpe. Man bezeichnet diese Küpen, die hauptsächlich zum Färben der Wolle dienen, als warme oder Gärungsküpen. Doch wird die Reduktion heute noch durch andere Mittel durchgeführt, so durch Eisenvitriol und Kalk bei der »Vitriolküpe«, durch Zinkstaub und Kalk bei der »Zinkküpe« und durch Natriumhydrosulfit bei der sogenannten »Hydrosulfitküpe«. Diese drei letzteren Verfahren werden als kalte Küpen bezeichnet und dienen hauptsächlich zum Färben von vegetabilischen Fasern. — Abgesehen von der Verwendung des Indigkarmins, über das bereits oben das Nötige gesagt wurde, wird Indigo in großem Maßstabe auch in

der Zeugdruckerei benutzt. Er dient hier entweder als Druckfarbe, oder es werden auf Indigblau gefärbten Stoffen weiße oder farbige Muster mittels des Ätz-, Reservage- und Pappdruckes erzeugt.

Kattundruck. Ein sehr häufiges Verfahren besteht darin, daß man Indigo mittels frisch gefällten Zinnoxydulhydrates, Zuckers und Alkalilauge reduziert, das Indigweiß mit Gummi verdickt, aufdruckt und durch Waschen mit Wasser die aufgedruckte Farbe zur Entwicklung bringt. Neben dieser Methode gibt es noch andere, darunter auch solche, bei der mit künstlichem Indigo gefärbt wird.

Reservagedruck. Gemische von verschiedenen Stoffen (Schutzpapp), die entweder eine mechanisch oder chemisch reservierende Wirkung ausüben, werden auf weißen Stoff aufgedruckt, um an diesen Stellen die Entwicklung des Indigos zu verhindern. In viel allgemeinerem Gebrauch steht der Pappdruck, bei dem man die Farbe nicht auf weißen, sondern auf bereits küpenblau gefärbten Stoff aufdruckt.

Beim Ätzdruck endlich werden jene Stellen, die man auf den küpenblau gefärbten Stoffen weiß zu haben wünscht, mit Substanzen bedruckt, die das Indigblau durch Oxydation zu farblosem Isatin umwandeln.

f) Statistisches.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Indigokultur für Indien zeigt folgende Tabelle, die den Umfang der Indigokulturen angibt (siehe Tabelle nächste Spalte oben).

Aus der Tabelle ist ersichtlich, wie gewaltig der Weltkrieg, der die Einfuhr synthetischen Indigos unterbunden hat, auf die Wiederbelebung der Indigokultur eingewirkt hat, nachdem sie 1914 bis 1915 einen Tiefstand erreicht hatte. Jetzt hat die Indigokultur wieder so gut wie ganz aufgehört.

Zum Vergleich sei bemerkt, daß 1896/97 auf Kaffeekulturen nur 147 158 Acres, auf Teekulturen 423 932 Acres (ohne Ceylon) fielen. Der 126. Teil der landwirtschaftlich ausgenutzten Bodenfläche diente 1896/97 dem Anbau von Indigo. Es wurden an Indigo in Indien produziert (in Factory Maunds = 33,86 kg): 1891: 180 594; 1892: 150 745; 1893: 184 205; 1894: 231 082; 1895: 237 290; 1896: 214 140 (siehe Tabelle auf S. 332 oben).

Indigoernte Britisch-Indiens:

Jahr	Die in Indien mit Indigo bebaute Fläche*) in acres (1 acre = 0,4 ha)	Geschätzter Betrag in cwts 1 cwts. = 50,8 kg
1895/96	1 569 869	190 924
1896/97	1 583 808	168 673
1897/98	1 366 513	166 812
1898/99	1 013 627	139 320
1899/1900	1 046 434	111 890
1900/01	977 349	148 029
1901/02	792 179	112 819
1902/03	653 801	73 908
1903/04	712 049	102 802
1904/05	510 289	58 900
1905/06	401 138	48 200
1906/07	448 594	65 700
1907/08	405 905	52 300
1908/09	285 601	38 800
1909/10	294 970	39 300
1910/11	282 119	46 000
1911/12	274 476	47 700
1912/13	227 046	37 600
1913/14	169 221	26 800
1914/15	145 792	25 200
1915/16	351 265	55 100
1916/17	764 823	95 700
1917/18	700 767	127 000
1918/19	286 588	48 600
1919/20	242 816	43 300
1920/21	241 461	43 700
1921/22	328 829	67 300
1922/23	277 132	52 100
1923/24	176 676	36 200
1924/25	—	—

Der jährliche Wert der indischen Jahresproduktion wurde im Durchschnitt der Jahre 1880/81 bis 1895/96 auf rund 60 Millionen Mark geschätzt, der der ganzen Welt auf 80 Millionen Mark. Kalkutta war der wichtigste Indigomarkt Indiens. Er führte 1899/1900 59 % der gesamten exportierten Indigomenge aus; hauptsächlich nach Europa und Amerika. Madras exportierte 32 %, in erster Linie nach Ägypten und dem Orient. 9 % des Indigo gingen über Bombay und Karachi. Ursprünglich ging der gesamte, sehr gewinnreiche Indigohandel fast ausschließlich durch

*) Nach: Statistical Abstract for British-India.

Indigoausfuhr aus Britisch-Indien*):

Jahr	Ausfuhr in cwts.	Ausfuhrwert
		in 1000 Rupien**)
1895/96	187 337	53 545
1896/97	169 523	43 707
1897/98	133 849	30 574
		in 1000 £
1898/99	135 187	1 980
1899/1900	111 420	1 795
1900/01	102 491	1 424
1901/02	89 750	1 235
1902/03	65 377	804
1903/04	60 410	717
1904/05	49 252	556
1905/06	31 186	391
1906/07	35 102	467
1907/08	32 490	425
1908/09	24 946	327
1909/10	18 061	234
1910/11	16 939	223
1911/12	19 155	250
		in 1000 Rupien
1912/13	11 857	2 201
1913/14	10 930	2 129
1914/15	17 142	8 995
1915/16	41 932	20 708
1916/17	34 230	21 126
1917/18	31 062	15 282
1818/19	32 707	12 485
1919/20	32 687	13 276
1920/21	10 250	4 221
1921/22	12 362	5 137
1922/23	4 435	1 694
1923/24	6 702	2 003
1924/25	3 308	1 092

englische Hände. Doch zeigt folgende Tabelle, wie mit dem Wachstum der deutschen Weltschiffahrt die direkte Einfuhr nach Deutschland unter Umgehung des Londoner Marktes immer mehr zugenommen hat. Die Einfuhr Deutschlands an Indigo bezifferte sich:

im Jahr	aus Großbritannien auf dz.	aus Britisch-Indien auf dz.
1891	3560	4012
1892	4504	6908
1893	5429	3502
1894	4577	6503
1895	4282	10313
1896	4093	12669

Deutschlands Gesamtausfuhr und Einfuhr von Indigo und ihr Wert wird durch folgende und auf S. 333 oben stehende Tabelle erläutert, die von 1898 an das Auftreten des künstlichen Indigos zeigt:

Indigoeinfuhr Deutschlands*):

Jahr	Einfuhrmenge in dz: Gesamteinfuhr	davon an Großbritannien	Britisch-Indien	Niederl.-Indien	Wert der Gesamteinfuhr in 1000 M.
1890	20 076	6 574	6 776	655	19 100
1891	12 668	3 560	4 013	403	12 700
1892	17 495	4 504	6 908	1 079	18 700
1893	12 725	5 429	3 502	332	14 600
1894	15 072	4 577	6 503	524	18 100
1895	17 945	4 282	10 313	569	21 500
1896	19 730	4 090	12 670	990	20 700
1897	14 084	1 680	9 650	660	12 676
1898	10 362	1 120	6 560	890	8 290
1899	11 078	963	7 572	1 316	8 309
1900	5 643	716	3 498	384	4 091
1901	6 091	637	4 225	358	4 264
1902	5 267	828	2 822	381	3 687
1903	2 906	527	1 340	219	1 795
1904	2 600	224	1 067	175	1 350
1905	1 373	200	820	—	1 202
1906	1 125	152	367	286	829
1907	1 286	90	433	556	1 083
1908	1 084	149	552	213	882
1909	855	—	274	172	629
1910	825	—	206	42	537
1911	700	—	171	88	446
1912	798	—	327	48	508
1913	582	—	233	61	389
1920	—	—	—	—	—
1921	24	—	—	—	—
1922	99	—	17	—	—
1923	82	—	—	—	—
1924	147	—	—	—	106

Die Einführung des künstlichen Indigos hatte schwerwiegende wirtschaftliche Folgen. Das natürliche Monopol, das Britisch-Indien in seinen Indigokulturen besaß, und das weder durch die Kulturen in Java, noch in Zentralamerika nennenswert beeinträchtigt war — lieferte es doch vier Fünftel der Weltproduktion an Farbstoff —, wurde in wenigen Jahren beseitigt.

1896 war die Anbaufläche in Indien noch . . . . . 1,6 Mill. Acres
1906 war die Anbaufläche in Indien nur noch . . . 450000 „
1914 war die Anbaufläche in Indien nur noch . . .. 300000 „

*) Nach Statistical Abstract for British-India.
**) 1 Rupie = 16 Pence = 1,362 M.

*) Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich. Statistik des Deutschen Reiches: Der auswärtige Handel Deutschlands. Monatlicher Nachweis über den auswärtigen Handel Deutschlands.

Indigoausfuhr Deutschlands*):

Jahr	Gesamtausfuhrmenge in dz	Gesamtausfuhrwert in 1000 M.
1890	7 330	7 300
1891	5 554	5 800
1892	6 200	7 000
1893	5 917	7 100
1894	6 066	7 600
1895	6 580	8 200
1896	5 810	6 400
1897	5 079	4 825
1898	9 180	7 525
1899	13 643	7 845
1900	18 728	9 364
1901	26 744	12 703
1902	52 844	18 462
1903	72 332	20 690
1904	87 300	21 661
1905	111 648	25 721
1906	127 299	31 575
1907	163 527	42 582
1908	154 563	38 655
1909	161 057	39 472
1910	175 644	39 613
1911	216 175	41 830
1912	248 267	45 214
1913	333 528	53 323
1920	65 088	—
1921	60 325	—
1922	138 281	—
1923	37 173	—
1924	42 567	14 503

Die Indigoausfuhr betrug aus Ostindien:

	dz	Pfund Sterling
1896	187 337	3 569 670
1899	135 187	1 980 319
1902	89 750	1 234 837
1905	49 252	556 405
1908	32 490	424 849
1911	16 939	225 000

Auch die Produktion von Javaindigo ging in ähnlichem Maße zurück und betrug 1907 nur noch 2506 Kisten à 150 kg gegen 125 500 Kisten im Jahre 1898, sank also auf ein Fünftel.

Die Bemühungen der Engländer, die Verdrängung des natürlichen Indigos aufzuhalten, insbesondere durch rationelle Vervollkommnung der Bodenkultur, durch Verbesserung der Herstellungs- und Reinigungsverfahren, sind ohne Erfolg geblieben. Jetzt wird an Stelle des Indigos Weizen, Tabak und Ramie gepflanzt, für das Land zweifellos von größerem Vorteil. In Deutschland ist das wirtschaftliche Vordringen des synthetischen Indigos besonders lehrreich aus folgender Tabelle zu ersehen:

Es betrug die

	Indigo-Einfuhr bzw. die Indigo-Ausfuhr			
	1000 kg	1000 M.	1000 kg	1000 M.
1896	1973	20 720	581	6 391
1899	1107	8 309	1 364	7 845
1902	526	3 687	5 284	18 462
1905	197	1 202	11 165	25 721
1908	108	882	15 456	38 655
1911	70	446	21 618	41 830
1913	58	389	33 353	53 323

Hierbei ist zu bemerken, daß die Einfuhrziffern natürlichen Indigo angeben, während die Ausfuhrziffern nahezu vollständig auf das Kunstprodukt zu beziehen sind. Der Kampf des künstlichen mit dem natürlichen war naturgemäß in England besonders schwer. In der Tat war 1906 bis 1907 nur etwa die Hälfte des britischen Marktes von der deutschen Indigoindustrie in Besitz genommen. Noch weit ungünstiger lagen die Verhältnisse für Frankreich, das sich durch hohe Eingangszölle den künstlichen Indigo fernhielt, sodaß die französischen Einfuhrzahlen weit hinter denen Belgiens und Italiens zurückblieben.

Die Einfuhr betrug:

Österreich-Ungarn	1899	3398 dz	1906	13 329 dz
Vereinigte Staaten	1899	2225 dz	1906	25 639 dz
China	1899	580 dz	1906	31 273 dz
Japan	1900	174 dz	1906	10 634 dz

China stand also unter allen künstlichen Indigo einführenden Ländern 1906 an erster Stelle. Im Jahre 1906 dürfte die deutsche Jahresproduktion etwa 4,32 Millionen Kilogramm betragen haben, d. s. vier Fünftel des Weltkonsums.

Zur Zeit der Einführung des künstlichen Indigos kostete raffinierter Naturindigo (98—100%ig) 18—20 M. das kg. Der Preis sank dann in den ersten Jahren der Einführung des Kunstproduktes auf etwa die Hälfte. Schon 1897 kostete der 100%ige synthetische Indigo nur noch 16 M. In den folgenden Jahren trat dann infolge der Konkurrenz der beiden Hauptfabrikanten BASF und MLB ein starker Rückgang des Preises ein, der 1904 mit 7 M. für 100%ige Ware seinen Tiefstand erreichte. Dann wurde von den beiden Far-

*) Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich. Statistik des Deutschen Reiches. Der auswärtige Handel Deutschlands.

benfabriken die sogenannte Indigo-Konvention geschlossen, die den Preis mit etwa 8 M., also etwas niedriger als den Naturindigo, fest machte.

1896 mußte Deutschland 14,32 Millionen Mark für Indigo an das Ausland zahlen, 1906 deckte es nicht nur seinen eigenen Bedarf in heimischer Produktion, sondern setzte auch noch für rund 29¼ Millionen Mark Indigo an das Ausland ab.

g) Wertbestimmung (Indigometrie).

Die Güte des Indigos hängt ausschließlich von seinem Gehalt an Indigotin (Bisindol-2,2-indigo) ab. Außer den schon erwähnten natürlichen Bestandteilen enthält das Handelsprodukt häufig Substanzen, die ihm zum Zwecke der Verfälschung zugesetzt werden, so geschlämmten Ton, Erde, Asche, Schiefermehl, Gummi und Stärkemehl. Herkunft und Wert wird vom Indigohändler und Färber meist nach physikalischen Merkmalen beurteilt, was nur durch langjährige Erfahrung gelernt werden kann und selbst dann oft zu falschen Schlüssen führt. Guter Indigo soll sehr dicht und spezifisch leicht, nicht hart und körnig sein. Die Farbe soll schön blau oder rötlich blau, an der Bruchfläche feuriger als außen sein. Je lebhafter und ins Gelbe spielend der Kupferglanz beim Reiben ist, für um so besser wird die Qualität erachtet. Der Aschengehalt ist zwar sehr schwankend, doch legt ein Gehalt von mehr als 10% eine Fälschung mit Mineralstoffen nahe. Beim Anrühren mit Wasser soll fein gepulverter Indigo auf der Flüssigkeit schwimmen, ohne einen erdigen oder sandigen Bodensatz zu geben. Ist die Flüssigkeit schleimig, so kann Verfälschung mit Gummi oder Dextrin vorliegen. Stärke wird durch die Jodreaktion nachgewiesen.

Zur quantitativen Wertbestimmung sind außerordentlich viele Verfahren vorgeschlagen und in Anwendung gebracht worden, ein sicheres Zeichen, daß es an einer wirklich guten Methode fehlt. Eine Beurteilung wird durch die Probefärbung ermöglicht, besonders wenn es sich um den Vergleich zweier Sorten handelt. Man sulfoniert den Farbstoff mit Schwefelsäure, verdünnt mit Wasser und färbt in der Lösung gleich schwere Wollstränge hell an. Gut und zuverlässig ist die Probefärbung bei raffiniertem Indigo; bei Rohware ist sie wegen der Beimengungen, die die Nuance beeinflussen, sehr ungenau. Auch für den Vergleich zweier Sorten von sehr abweichender Beschaffenheit ist sie unzuverlässig. Die genauen chemischen Untersuchungsmethoden beruhen alle auf der Bestimmung des Indigotins, und zwar auf dessen Isolierung in reinem Zustande, auf seiner Reduktion zu Indigweiß oder auf seiner Oxydation. Am wichtigsten dürfte die Hydrosulfitmethode sein, wobei der Indigo mit Schwefelsäure sulfoniert, die Lösung durch Zusatz von Natriumhydrosulfitlösung von bekanntem Gehalt entfärbt und aus der Menge des verbrauchten Hydrosulfits der Gehalt an Indigo berechnet wird.

Übersicht der Indigo-Analysenmethoden (vgl. a, S. 10—35).

Die vergleichende Ausfärbung auf Wolle dient wie oben erwähnt in manchen Fällen als recht brauchbare Vorprobe. Mit ihr nahe verwandt ist die kolorimetrische Methode, bei der die Intensität der Lösungen in geeigneten Apparaten verglichen und aus dem Befund auf den Farbstoffgehalt geschlossen wird. Auch diese Prüfung hat nur einen bedingten Wert.

Von den eigentlichen Analysenmethoden ist die spektroskopische Bestimmung der kolorimetrischen nahe verwandt. Sie hat z. Z. ebenso wie die Sublimationsmethode und die in Vorschlag gebrachte Methode durch Bestimmung des Stickstoffgehaltes [W. P. Bloxam (206)] für den praktischen Gebrauch geringeres Interesse.

Die wirklich in der Praxis eingeführten Analysengattungen haben jede ihre eigentlichen Vorzüge und Nachteile; zum Teil ergänzen sie sich und lassen die Anwendung gewisser Verfahren in bestimmten Fällen empfehlenswert erscheinen.

1. Titrimetrische Reduktionsmethode (Hydrosulfitmethode). Der in Schwefelsäure gelöste Indigo wird durch Zusatz eines Hydrosulfits von bekanntem Wirkungswert entfärbt. Diese Methode ist vor allem dann zu empfehlen, wenn es sich um die Bestimmung von unreinen Indigosorten

handelt. Aus folgenden Gründen ist sie überhaupt die beste Methode zum Titrieren des Indigblaus:

a) Gibt die genauesten Zahlen, da das Hydrosulfit von den Verunreinigungen des Indigos nicht beeinflußt wird.

b) Beansprucht die kürzeste Zeit (5 bis 6 Std.) und die kleinste Menge (0,1 bis 0,2 g).

c) Ist infolge des leicht erkennbaren Farbenumschlages am wenigsten subjektiven Fehlern ausgesetzt.

2. Titrimetrische Oxydationsmethode (Permanganatmethode). Der in Schwefelsäure gelöste Indigo wird mit einer oxydierenden Flüssigkeit von bekanntem Wirkungswerte bis zur Entfärbung versetzt. Aus der verbrauchten Menge der Titerflüssigkeit wird auf den Gehalt geschlossen. Indigo wird zu Isatin oxydiert. Der Vorteil dieser Methode ist ihre leichte und rasche Ausführbarkeit, der Nachteil liegt in der Schwierigkeit des Erkennens des Endpunktes der Titration vor allem bei unreinen Indigosorten.

3. Gewichtsanalysen durch Reduktion (Küpenmethoden). Der Indigo wird durch Reduktion in Indigweiß übergeführt, das in Alkali gelöst ist. Aus der durch Filtration gereinigten Lösung wird durch Einblasen von Luft allein der Indigo abgeschieden und seine Menge durch Wägung bestimmt. Man wendet nach Rawson (Chem. News. 1888, S. 7, 19, 29, 34) die Hydrosulfit-Kalk-Methode an. Bei dieser Methode wird wie bei allen Küpenmethoden das Indigrot mit bestimmt. Man kontrolliert diese Methode zweckmäßig durch die Permanganattitration.

4. Bestimmung des Indigos auf der Faser durch Extraktion. Man extrahiert das Muster mit einer Flüssigkeit, die nur das Indigotin auflöst, z. B. siedendes Naphthalin, Phenol, Acetin, Anilin, Eisessig und ermittelt das Gewicht des reinen aus der Extraktionsflüssigkeit abgeschiedenen Indigotins. Am besten wendet man Eisessig für sich allein oder mit Schwefelsäure an. Zum Abziehen dunkler Färbungen braucht man 12 Stunden. Bei vegetabilischer Faser ist zu berücksichtigen, daß Eisessig stets beträchtliche Mengen unter Bildung von Acetyl-Cellulose auflöst, bei gebleichter Ware weniger, bei ungebleichter mehr.

121. Gara (Lonchocarpus cyanescens). In Sierra Leone und im westlichen Sudan benutzen die Eingeborenen eine von ihnen »Gara« genannte Pflanze zum Färben. Es ist eine Hülsenfrucht (Leguminose) der Unterart Papilionaceae (Papilionatae), *Lonchocarpus cyanescens.* Benth., eine 3—12 m lange holzige Kletterpflanze, deren junge Blätter das Färbematerial bilden, da sie ein Indigo bildendes Prinzip enthalten. Andere Spezies des Genus Lonchocarpus werden von den Indianern Südamerikas zum Vergiften oder Betäuben der Fische benutzt (*Lonchocarpus violaceus,* H. B. Kth. Surinam, Westindien, Südamerika, »Stinkholz«, »Nekoe« in Surinam).

In Sierra Leone werden die jungen Blätter der Gara-Pflanze, zusammen mit einigen älteren gesammelt, grob zerstoßen und an der Sonne getrocknet. In dieser Form kommt das Produkt als »Gara« auf den Markt. In Westsudan werden, nachdem alle starken Blätter entfernt worden sind, die jungen Blätter und Knospen gesammelt, zu kugelförmigen Ballen zusammengedrückt und an der Sonne getrocknet. Da der Farbstoff hauptsächlich in den jungen Blättern und Knospen enthalten ist, so ist das Produkt aus dem Westsudan wertvoller als das von Sierra Leone.

A. G. Perkin (207) zeigte, daß der Farbstoff der Gara Indigotin ist. Die getrockneten Blätter eines Produktes aus Sierra Leone wurden so lange mit kochendem Wasser ausgezogen, bis dieses braunschwarz gefärbt war, der Rückstand wurde mit einer alkalischen Hydrosulfitlösung 6 Stunden bei 60° behandelt. Durch die gelbe Lösung wurde Luft geleitet, der blaue Niederschlag nach dem Waschen mit verdünnter Salzsäure und Wasser aus Nitrobenzol umkristallisiert und durch die Analyse als reines Indigotin charakterisiert.

Aus 250 g Gara wurden 1,65 g reiner Indigo erhalten, doch ist es sehr wahrscheinlich, daß in der Pflanze selbst mehr Farbstoff enthalten ist.

Die Aufbereitung des Farbmaterials im Westsudan geschieht gerade so wie sie

früher in Europa mit Waid [Nr. 122] gemacht wurde.

Zum Färben wird die Gara zuerst 12 Stunden in Wasser aufgeweicht, dann wird das Wasser entfernt und die Gara während dreier Tage in einem bedeckten Gefäß der Gärung überlassen. Darauf wird eine Küpe angesetzt, die der Pottascheküpe und auch mehr oder weniger unserer alten Waidküpe ähnlich ist. Es wird Pottasche und eine Abkochung von *Morinda citrifolia* L. [Nr. 16] zugesetzt. Diese Pflanze nimmt hier die Stelle des Krapps in der Pottascheküpe ein, denn sie bildet unter dem Namen »Suranji« [Nr. 16] einen in Indien viel angewandten Farbstoff. Sie enthält das Glukosid (Morindin) eines Trioxymethylanthrachinons, des Morindons. Während des Tages bleibt die Küpe offen und der Sonne ausgesetzt, des Nachts ist sie bedeckt. Die Küpe geht während neun Tagen und wird drei- bis viermal täglich umgerührt, dann ist sie zum Färben zu benutzen. Dazu werden die Stoffe in die Küpe hineingetaucht, einige Zeit darin umgedreht und dann an der Luft getrocknet. Dies wird so oft wie nötig wiederholt.

122. Waid, Färberwaid; engl. woad, pastel; franz. vouëde, pastel; ital. guado; span. yerba pastel, isátida. *Isatis tinctoria* (Crucifere), in früherer Zeit in Europa (Frankreich, Deutschland und England) — bereits im 13. Jahrhundert — in großem Maßstabe zur Indigogewinnung angebaut, seit Einfuhr des ostindischen Indigos bedeutungslos geworden. Kommt in Mittel- und Südeuropa, sowie im Orient vor und enthält nur $^1/_{30}$ der Menge Indigo, die die Indigoferaarten liefern. Krautartige zweijährige Pflanze mit gelben Blüten, kleinen flachen elliptischen Hülsen und großen glatten, lanzettförmigen oder spatelartigen Blättern. Der Ausdruck woad kommt vom anglo-germ. »Wad« (Wodan) synon. mit dem gallischen »glastum«, mit dem sich nach Plinius die alten Britannier zu Kriegszeiten ihre Haut blau färbten in Verbindung mit gewissen religiösen Gebräuchen.

Die Pflanze stammt aus Südeuropa und ist in Europa weit verbreitet (Thüringen, Languedoc, Piemont usw.). In England nur in den Moorgegenden von Lincolnshire und Huntingdon. Sie wird gesät im zeitigen Frühling (März oder April), nach vorschriftsmäßigem Jäten sind die Blätter im Juni reif zum Abpflücken, was in Abständen von 4 bis 6 Wochen ein- bis zweimal wiederholt wird oder so oft als neue Blätter hervorschießen.

Die frisch geernteten Blätter werden in Steinmühlen zu einer breiigen Masse zerquetscht, die man dann in kleine Haufen abtropfen läßt, bis sie genügend trocken für den »balling«-Prozeß sind. Man formt Kugeln von 4—6 cm Durchmesser mit der Hand. Diese werden in Mulden aus Weidengeflecht (»fleaks«) ausgebreitet und in gutgelüfteten Schuppen getrocknet. Die Kugeln werden an einem luftigen Platz aufgespeichert, bis die ganze Ernte gesammelt ist und dann dem sogenannten »couching«, einem Fermentationsprozesse unterworfen. Zu diesem Zwecke werden die Kugeln auf ein grobes Pulver gelegt, das auf dem Boden des »couching«-Hauses in 60—90 cm Höhe aufgeschichtet ist und unter häufigem Begießen mit Wasser öfters mit Schaufeln gewendet. Die Masse wird während dieses Prozesses (20—40 Tage) heiß und gibt Gerüche ab. Dieser Prozeß muß vorsichtig geleitet werden. Nach der Fermentation wird die steife plastische Masse gekühlt und dann in Fässer gepackt.

9 Gewichtsteile Waidblätter entsprechen 1 Teil des so präparierten Produktes.

Nach Wendelstadt u. Binz (208) enthält Waid zwei bestimmte Mikroorganismen, von denen der eine unter bestimmten Bedingungen Indigo reduzieren kann.

Das färbende Prinzip der Waidblätter ist wie bei den Indigofera-Arten das Indoxyl, das wahrscheinlich auch als Glukosid (Indikan) vorhanden ist und außerdem ein glukosidspaltendes und oxydierendes Enzym (Ferment) enthält.

Verfälscht wurde Waid mit den Blättern des Rhabarbers und Kohls.

123. Berberitze, Sauerdorn, barberry, berberry, entstammt der *Berberis vulgaris* L. (Fam. Berberidaceae), einem Strauche, der eine Höhe von $2^1/_2$—3 m erreicht und in ganz Europa, Nordamerika und in Indien wild wächst. Die Wurzel (Sauerdornwurzel, Berberitzenwurzel) enthält in der Rinde bis zu 17 %, der Stamm (unter der Rinde

und um das Mark herum) bedeutend weniger, ebenso die Blätter und Blüten einen durch einen rein gelben Ton ausgezeichneten Farbstoff Berberin (Xanthopikrin), der auch als Alkaloid verwandt wird. Es ist der einzige bisher in der Natur aufgefundene basische Farbstoff. Nach Murray (1793) wird *Berberis vulgaris* außer medizinisch zum Gerben und Gelbfärben benutzt.

Meist werden Extrakte, seltener Abkochungen der Sauerdornwurzel (Épine vinette) verwandt.

Berberin färbt im neutralen Bad Wolle, Seide und tannierte Baumwolle direkt gelb an, es erzeugt darauf unter Zusatz von Alaun eine ziemlich rein gelbe Nuance, außerdem gebraucht man es zum Färben von Leder.

Dieselbe Anwendung finden mehrere indische Arten, so:

Berberis aristata D. C. (*B. tinctoria* Lesch) mit 17 % Farbstoff (Drury);

B. asiatica Roxb., *B. Lycium* Royle, *B. nepalensis* Spreng (Watt, Dymock); ferner die nordamerikanischen Arten: *Berberis aquifolium* Pursh. (*Mahonia aquifolium* Nutt.), *Var. Berberis repens* Don. (*Mahonia repens* Lindl.) und *Berberis nervosa* Pursh., die mehr oder weniger Berberin enthalten.

Berberin ist aber auch noch in einer Menge anderer Pflanzen, die den verschiedensten Familien angehören, aufgefunden worden. So in der: Colombowurzel von *Cocculus palmatus* D. C., *Menispermium p.* Lam.; *Jatrorrhiza palmata* (Columba) Miers., *Jateorhiza* (Calumba) Miers. in Indien und Afrika (Mozambique, Zambesi), zur Familie Menispermaceae gehörig; in *Hydrastis canadensis* L. Blutkraut, amerikanische Ranunculacee, Färbeholz wood unpar (4 %) aus Ober-Assam, in der Wurzel von *Coptis teeta* Wall. (China, Hindostan), Malunira (Mamira- oder Mishmee-Bitter des Handels) bis zu 8 % und von *Coptis trifolia* Salisb. (nördl. Europa, Asien und Amerika), Familie Ranunculaceae;

in der gelben Rinde der Anonacee: *Xylopia polycarpa* Oliv. oder *Coelocline polycarpa* D. C. aus Sierra Leone;

in der St. Johannis-Wurzel, heimisch in Rio Grande;

in der Rinde eines aus Bogotá stammenden Baumes;

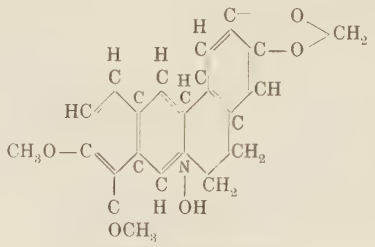
in der auf Cypern heimischen *Berberis oetnensis;*

in *Toddalia aculeata* Pers. (*Paullinia asiatica* L.), einem zu den Rutaceen (Unterfam. Toddalivideae) gehörenden, in Indien (Nilgirigebirge) und im subtropischen Himalaya wachsenden Strauche, in *Evodia meliifolia* Benth. (*E. glauca* Miq.), Fam. Rutaceae, die in China und Japan sowohl zum Färben als auch als Medikament Verwendung findet;

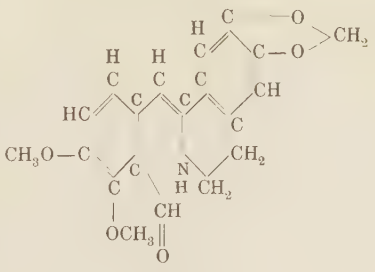
in *Xanthorrhiza apiifolia* L'Hérit (Nordamerika), Wurzel, Familie Ranunculaceae und

im Stachelmohn, *Argemone mexicana* L., einer in Mexiko, Ost- und Westindien, Java, Gambien usw. vorkommenden Papaveracee.

Das Berberin ist nur in wässriger Lösung, die alkalisch reagiert und braun gefärbt ist, bekannt; es ist eine quartäre Base, die sich beim Versuch, sie in den festen Zustand überzuführen, in eine isomere Base von aldehydartigem Charakter Berberinal umlagert.



Berberiniumhydroxyd



Berberinal

In wässriger Lösung geht das Berberinal wieder in Berberiniumhydroxyd über und Säuren geben mit ihm Berberinsalze.

Das als kristallisierte Verbindung beschriebene Berberin dürfte z. T. als Berberinal anzusehen sein.

Berberin gibt mit Schwefelsäure ein in

gelben Nadeln kristallisierendes, ziemlich schwer lösliches Sulfat $C_{19}H_{18}O_4N \cdot HSO_4$ und mit Azeton die Doppelverbindung $C_{20}H_{17}O_4N \cdot C_3H_6O$, die sich leicht spalten läßt.

Berberinsalze besitzen eine gelbe Farbe; ihre Lösungen sind optisch inaktiv.

Das Berberin wird zweckmäßig aus der Wurzel von *Berberis vulgaris* L. oder *Hydrastis canadensis* L. gewonnen.

Man kocht die Wurzeln mit Wasser aus, konzentriert den Extrakt und fügt Alkohol hinzu. Nach dem Filtrieren wird der Alkohol zum größten Teile abdestilliert und beim Stehen scheiden sich Berberinkristalle ab, die aus heißem Wasser oder Alkohol umkristallisiert werden.

Aus Wasser kristallisiert bildet das Berberin glänzende, gelbe Nadeln, die $5^1/_2$ Mol. Kristallwasser enthalten. 3 Mol. gehen beim Trocknen bei 100° weg, bei 160° tritt vollständige Zersetzung ein.

Das Berberin ist leicht löslich in heißem Wasser und Alkohol, schwerer in kaltem Wasser und in Chloroform, fast unlöslich in Äther, Benzol, Ligroin und Essigäther. Es ist optisch inaktiv.

Die quantitative Bestimmung des Berberins in den Pflanzen ist von H. M. Gordin (209) studiert worden; er hat zwei Methoden ausgearbeitet:

1. Fällen einer wässrigen Lösung von saurem Berberinsulfat mit überschüssigem Jodkalium, indem für jedes Molekül Berberin 1 Molekül einbasische Säure frei wird, die durch Titration bestimmt wird:

$$C_{20}H_{17}O_4N \cdot H_2SO_4 + KJ = C_{20}H_{17}O_4N \cdot HJ + KHSO_4.$$

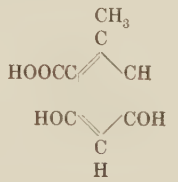
2. Die zweite Methode beruht auf der Tatsache, daß Berberin aus neutralen oder nur schwach sauren, sehr verdünnten Lösungen durch überschüssige Jodkaliumlösung quantitativ ausgefällt wird. Das schwer lösliche Berberinhydrojodid kann quantitativ in das unlösliche Berberinazeton übergeführt werden. Es werden 5—20 g der zu untersuchenden pulverisierten Pflanze mit heißem Alkohol extrahiert, der nach dem Verdampfen verbleibende Rückstand wird in 20—40 g Wasser gelöst, filtriert und mit Jodkalium versetzt. Der Nachweis gelingt noch mit einer Lösung, die nur 0,01 % Berberin enthält.

124. Evodia meliaefolia Benth. Zu den Rutaceen gehöriger Baum, dessen Rinde zum Färben benutzt wird; in China und Japan heimisch und früher irrtümlicherweise als *Pterocarpus flavus* Lour. (Leguminose, Unterfam. Papilionatae) beschrieben, in Wirklichkeit nach Index Kew synonym mit *Evodia glauca* Miq. Die Rinde enthält Berberin.

125. Toddalia aculeata Pers. (Paullinia asiatica L.), ein zu den Rutaceen (Unterfam. Toddalioideae) in Indien (Nilgirigebirge) und im subtropischen Himalaja wachsender Strauch, der auch in den Khasia-Bergen und auf Ceylon, sowie im tropischen Asien bis China, auf Madagaskar, Comoren und Maskarenen vorkommt und als »Wild Orange Tree« bezeichnet wird.

Wurzel als Lopez-Wurzel, Radix Indica Lopeziana seit dem 17. Jahrhundert bekannt. Die Wurzelrinde wird in Madras medizinisch und als gelber Farbstoff gebraucht, der von vielen Autoren als eine der wertvollsten Pflanzen Indiens bezeichnet wird, da sie tonische, stimulierende und antipyretische Eigenschaften besitzt. 1771 in die europäische Medizin als »Lopez-Root« eingeführt. Die Pflanze ist auch auf den Philippinen verbreitet, wird jedoch dort von den Eingeborenen nicht zum Färben benutzt. Der in ihr enthaltene Farbstoff ist Berberin.

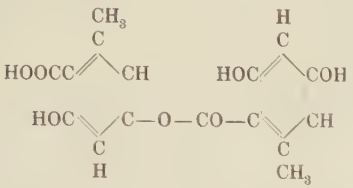
126. Orsellinsäure $C_8H_8O_4 \cdot H_2O$



ist eine 2-Orcinkarbonsäure, die aus Lecanorsäure oder Erythrin (Erythrinsäure) durch Kochen mit Barytwasser und Neutralisieren mit Mineralsäure erhalten wird. Aus verdünnter Essigsäure lange Nadeln mit 1 Mol., aus Alkohol Rhomboeder mit 2 Mol. Kristallwasser wasserfrei bei 176° schmelzend unter Kohlensäureabspaltung und Verwandlung in Orcin. Orsellinsäure ist sehr leicht in Wasser und Alkohol löslich, schwerer in Äther. Mit Eisenchlorid gibt sie eine purpurrote Färbung; mit Chlorkalk färbt sie sich vorübergehend blaurot

und in ammoniakalischer Lösung an der Luft purpurrot.

127. Lecanorsäure (Diorsellinsäure) $C_{16}H_{14}O_7 \cdot H_2O$



zuerst als Lecanorin beschrieben und aus verschiedenen Lecanora- und Variolariaarten isoliert. Die Variolariaflechten scheinen oft verkümmerte Individuen anderer Arten zu sein. Die Lecanorsäure ist der *Roccella tinctoria*, z. B. der Cap-vert-Flechte, eigentümlich; ihr Vorkommen in *Evernia prunastri* wird von manchen Forschern bestritten.

Die Darstellung der Lecanorsäure, die außer aus *Roccella tinctoria* noch in großer Menge aus *R. canariensis, R. portentosa, Parmelia perlata,* sowie auch aus *Rocc. sinensis* gewonnen werden kann, erfolgt am besten nach dem von O. Hesse (210) modifizierten Verfahren von E. Schunck (211). Man digeriert die fein zerschnittenen Flechten mit Äther und nimmt nach dem Abdestillieren des Äthers den weißgrünen kristallisierten Rückstand mit verdünnter Kalkmilch auf. Beim Neutralisieren mit Schwefelsäure erhält man einen Niederschlag von Lecanorsäure, der aus Alkohol umkristallisiert wird. Behandlung mit wenig Äther läßt die schwer löslichen, färbenden Beimengungen zurück. Man erhält aus Alkohol weiße seidenglänzende, sternförmig gruppierte Kristallnadeln ohne Geschmack und Geruch, die im Wasser schwer, in Alkohol und Äther leichter löslich sind. Die Lösungen besitzen saure Reaktion (röten Lackmus). Schmelzpunkt 175° unter Kohlensäureabspaltung. Die alkoholische Lösung der Lecanorsäure gibt mit Eisenchlorid eine dunkel purpurrote Färbung, mit wenig Chlorkalklösung eine blutrote Färbung. Reduziert in der Hitze ammoniakalische Silberlösung. Zum Unterschied von Erythrin ist Lecanorsäure nicht mit Kohlensäure aus dem Barytsalze auszutreiben. Längeres Kochen mit Barytwasser gibt Orsellinsäure. Die lufttrockenen Kristalle der Lecanorsäure enthalten 1 Mol. Kristallwasser; ihre Salze sind weiß.

128. Evernsäure $C_{17}H_{16}O_7$ und Everninsäure $C_9H_{10}O_4$.

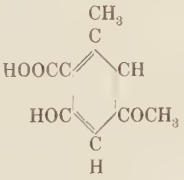
Evernsäure ist Lecanorsäuremethylester und wurde zuerst aus *Evernia prunastri vulgaris* isoliert, kommt aber auch in *Evernia prunastri gracilis,* sowie in *Ramalina pollinaria* vor.

Die Darstellung der Evernsäure geschieht nach Stenhouse durch Ausziehen der Flechte mit verdünnter Kalkmilch, Neutralisieren mit Mineralsäuren, Aufnehmen des getrockneten Niederschlages mit kochendem Alkohol oder Äther, Verdunsten der alkoholischen oder ätherischen Lösung, Wiederaufnehmen mit warmem Alkohol, Behandeln mit Tierkohle, Filtrieren und Verdunsten.

Die Evernsäure, aus heißem Alkohol oder Eisessig in kleinen, weißen Nadeln vom Schmelzpunkt 168—169° erhalten, ist schwer löslich in kaltem Wasser, in kaltem Alkohol und Äther, leicht in heißem Alkohol.

Aus der Lösung in Kalilauge scheidet sich beim Einleiten von Kohlensäure evernsaures Kalium in zarten, kleinen Nadeln ab: $C_{17}H_{15}O_7K + H_2O$.

Wird Evernsäure mit Alkalien oder Baryt gekocht, so wird Kohlensäure abgespalten, und man erhält Orcin und Everninsäure $C_9H_{10}O_4$:



$C_{17}H_{16}O_7 + H_2O = C_9H_{10}O_4 + C_7H_8O_2 + CO_2$.
Evernsäure Everninsäure Orcin

Aus Alkohol benzoesäureähnliche Kristalle vom Schmelzpunkt 157°, in kaltem Wasser kaum löslich, leicht in kochendem Wasser, Alkohol und Äther, weniger leicht in kochendem Benzol. Eisenchlorid färbt die Lösungen violett. Enthält ein Methoxyl: Orsellinsäuremonomethyläther.

129. Ramalsäure. $C_{16}H_{13}O_6 \cdot OCH_3 = C_{17}H_{16}O_7$. Lecanorsäuremonomethyläther, isomer mit Evernsäure [Nr. 128] zuerst mittels Äther extrahiert aus den Flechten *Ramalina pollinaria* und *Evernia*

divaricata. Trennung von Evernsäure geschieht durch Versetzen des Gemenges der Bariumsalze mit verdünnter Salzsäure, wobei die Evernsäure in Lösung geht. Ramalsäure ist in Äther viel schwerer löslich als Evernsäure, ferner ist das Kaliumsalz der letzteren in kochendem Alkohol bedeutend leichter löslich wie das der Ramalsäure.

Aus Alkohol erhält man zarte weiße Nadeln vom Schmelzpunkt 179—180°; unlöslich in kaltem Wasser, wenig löslich in kaltem Alkohol, heißem Benzol, Chloroform und Äther, leichter in heißem Alkohol und Eisessig. Die alkoholische Lösung wird mit Eisenchlorid violett gefärbt. Bei der Hydrolyse durch kochendes Barytwasser verhält sie sich wie Evernsäure und gibt Kohlensäure, Orcin und Everninsäure.

130. Erythrin, Erythrinsäure, Erythrolecanorsäure. $C_{20}H_{22}O_{10} \cdot H_2O$ ist ein Bestandteil der meisten Flechten, aus denen Orseille erzeugt wird. Entdeckt in *Roccella tinctoria* D. C. durch Extraktion der zerschnittenen Flechte mit kochendem Wasser oder mit Kalkmilch. Das beim Erkalten kristallinisch abgeschiedene Erythrin gibt aus heißem Alkohol farblose Nadeln von Schmelzp. 148° (wasserfrei), leicht löslich in Alkohol, schwer in Äther und Wasser. Die Lösungen röten Lackmus, die alkoholische reagiert neutral. Kristallisiert aus Wasser und verdünntem heißem Alkohol mit 1 Molekül Kristallwasser. In alkoholischer Lösung gibt Erythrin mit Eisenchlorid eine purpurviolette Färbung, mit mehr Eisenchlorid wird sie braunrot. Kochen mit Wasser gibt aus Erythrin: Orsellinsäure und Pikroerythrin:

$$\underset{\text{Erythrin}}{C_{20}H_{22}O_{10}} + H_2O = \underset{\text{Orsellinsäure}}{C_8H_8O_4} + \underset{\text{Pikroerythrin,}}{C_{12}H_{16}O_7}$$

während beim Kochen mit Alkohol Pikroerythrin und Orsellinsäuremethylester entsteht:

$$C_{20}H_{22}O_{10} + C_2H_5OH = C_{12}H_{16}O_7 + C_8H_7 \cdot C_2H_5O_4.$$

Mit überschüssigem Kalkwasser entsteht Kohlensäure, Orcin und Erythrit:

$$\underset{}{C_{20}H_{22}O_{10}} + 2\,H_2O = 2\,\underset{\text{Orcin}}{C_7H_8O_2} + \underset{\text{Erythrit}}{C_4H_{10}O_4} + 2\,CO_2$$

Pikroerythrin oder Erythroorsellinsäure $C_{12}H_{16}O_7 \cdot 3\,H_2O$ (Erythrinbitter, Amarythrin) bildet sich bei der Einwirkung von Alkohol auf Erythrin, am besten durch Kochen von Erythrin mit Amylalkohol:

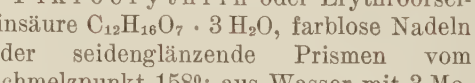
$$C_{20}H_{22}O_{10} + C_5H_{12}O = \underset{\text{Amylorsellinat}}{C_8H_7O_4 \cdot C_5H_{11}} + \underset{\text{Pikroerythrin}}{C_{12}H_{16}O_7}$$

Digerieren mit heißem Barytwasser verwandelt Pikroerythrin in Kohlensäure, Orcin und Erythrit:

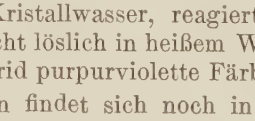
$$C_{12}H_{16}O_7 + H_2O = CO_2 + \underset{\text{Orcin}}{C_7H_8O_2} + \underset{\text{Erythrit}}{C_4H_{10}O_4}$$

Erythrin ist der Monolecanorsäureester, Pikroerythrin ist der Monoorsellinsäureester } des Erythrits.

Erythrin enthält eine freie COOH-Gruppe:



Pikroerythrin:



Pikroerythrin oder Erythroorsellinsäure $C_{12}H_{16}O_7 \cdot 3\,H_2O$, farblose Nadeln oder seidenglänzende Prismen vom Schmelzpunkt 158°; aus Wasser mit 3 Molekülen Kristallwasser, reagiert schwach sauer, leicht löslich in heißem Wasser, mit Eisenchlorid purpurviolette Färbung.

Erythrin findet sich noch in *Lecanora tartarea* (*Parmelia tartarea*), *Roccella Montagneï*. Nach O. Hesse (212) sind die früher als *Roccella tinctoria* var. *fuciformis* angesprochenen Flechten aus Angola, Mozambique, Sansibar und Madagaskar, Lima und Ceylon jetzt nach Darbishire (213) als *R. montagneï* Bél. anzusehen.

β-Erythrin, $C_{21}H_{24}O_{10}$, mittels Kalkwasser aus einigen Varietäten von *Roccella fuciformis* weißes kristallinisches Pulver vom Schmelzpunkt 115—116°, fast unlöslich in Wasser, in Alkohol und Äther löslich unter lebhafter Kohlensäure-Entwicklung. Beim Kochen mit Wasser ent-

steht Orsellinsäure und β-Pikroerythrin, mit Alkohol Pikroerythrin und β-Orcinol.

β-Pikroerythrin $C_{13}H_{16}O_{10}$ kristallisiert in Nadeln, leicht löslich in Wasser und Alkohol. Kochendes Barytwasser verwandelt es in Kohlensäure, Erythrit und β-Orcinol. Wahrscheinlich ist β-Erythrin kein chemisches Individuum sondern besteht hauptsächlich aus Erythrin; die abweichenden Eigenschaften sind aus den begleitenden Verunreinigungen zu erklären.

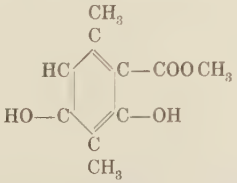
131. Atranorinsäure und Atrarsäure, Atranorin.

Atranorin, $C_{19}H_{18}O_8$, kommt vor in den Flechten *Evernia vulpina, E. prunastri, E. furfuracea, Lecanora atra, L. sordida, Parmelia perlata, P. physodes, P. tinctorium, Physica stellaris, Xanthonia parietina, Cladonia rangiformis, Stereocaulon vesuvianum* u. a. Farblose Nadeln vom Schmelzp. 195—197° bzw. 187—188°, schwer löslich in kaltem Alkohol, Petroläther, Äther, Chloroform, Xylol und Eisessig, leicht in kochendem Chloroform und Xylol; in Alkalien mit gelber Farbe löslich.

Physicòl (Atranorinsäure von Paternò), Methylphlorogluzin, entsteht beim Erhitzen von Atranorin mit Wasser auf 150° neben Atrarsäure (Betorcinolkarbonsäuremethylester).

Physicol bildet farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 104—105°, mit Eisenchlorid blaugrüne Färbung.

Betorcinolkarbonsäuremethylester (Atrarsäure von Paternò, Physcianin, Ceratophyllin), $C_{10}H_{12}O_4$, von Physicol durch kochendes Wasser getrennt, kristallisiert in Blättchen vom Schmelzpunkt 140—141°, wenig löslich in heißem Wasser, leicht löslich in Alkohol, Äther und Alkalien. Eisenchlorid färbt nicht, wohl aber Chlorkalk blutrot. Formel:



Mit Jodwasserstoffsäure gekocht gibt der Ester Kohlensäure und β-Orcin (1,4-Dimethylresorzin):

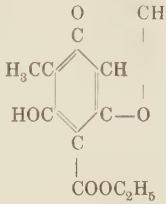
$C_{10}H_{12}O_4 + HJ = CH_3J + CO_2 + C_8H_{10}O_2$.

Hesse erhielt den Betorcinolkarbonsäureester früher aus *Parmelia ceratophylla* = *P. physodes* und nannte ihn daher Ceratophyllin.

Erhitzt man Atranorin mit Alkohol im Rohr auf 150°, so erhält man: Hämatorumsäuremethylester bzw. Hämatorumsäureäthylester neben Betorcinolkarbonsäureester.

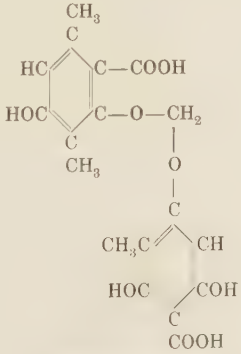
Hämatorumsäuremethylester, $C_{10}H_{10}O_5$, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 147°, leicht löslich in Chloroform und Äther, weniger leicht in Alkohol; Alkalien lösen mit gelber Farbe; Eisenchlorid gibt purpurrote bis purpurbraune Färbung.

Hämatorumsäureäthylester, feine seidenglänzende Nadeln, Schmelzpunkt 113—114° (111—112°), mit Wasserdampf flüchtig; Eisenchlorid färbt purpurrot bis purpurbraun. Formel:

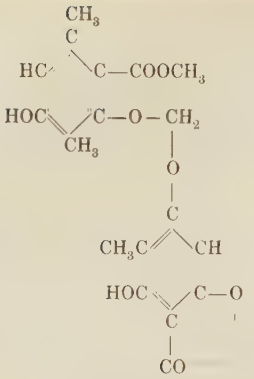


Atranorinsäure. Wenn die Lösung von Atranorin vorsichtig mit verdünnter Essigsäure verdampft wird, so entsteht Atranorinsäure, die in *Cladonia rangiformis* enthalten ist, wenn man sie im Dezember sammelt.

Atranorinsäure, $C_{18}H_{18}O_9 \cdot H_2O$, aus Alkohol in langen weißen Nadeln, die bei 100° wasserfrei werden, Schmelzpunkt 157°, leicht löslich in Chloroform und Alkohol, ebenso mit gelber Farbe in Alkalien. Eisenchlorid färbt dunkelbraunrot, mit Jodwasserstoffsäure entsteht β-Orcin, mit Alkohol erhitzt Kohlensäure, Physicol und β-Orcin. Formeln:



Atranorinsäure



Atranorin

132. Barbatinsäure, $C_{19}H_{20}O_7$, wurde zuerst in der Flechte *Usnea barbata* neben Usninsäure aufgefunden. Dann neben Usninsäure in Usnea-Arten wie z. B. in *U. longissima, U. barbata,* var. *florida* und *dasypoga, U. ceratina*, ferner in *Evernia prunastri* und *Ramalina pollinaria, Electora ochroleuca.*

Gewinnung der Säuren durch Extraktion mit Kalkmilch oder Äther. Trennung von Usnin- und Barbatinsäure durch Auskochen des Ätherrückstandes mit 9 Teilen Ligroin und 1 Teil Benzol, wobei die Usninsäure fast ganz in Lösung geht, oder durch Schütteln der Ätherlösung mit Kaliumbikarbonat, worin sich fast nur Barbatinsäure auflöst und als Kaliumsalz $C_{19}H_{19}O_7K \cdot 2\,H_2O$ zur Abscheidung gelangt.

Barbatinsäure kristallisiert aus heißem Benzol in farblosen Nadeln oder Blättchen vom Schmelzpunkt 186°; auch aus heißer verdünnter Essigsäure zu erhalten. Unlöslich in Wasser, wenig löslich in absolutem Alkohol und Äther, Benzol und Eisessig, reichlich in Chloroform.

Chlorkalk färbt nicht, Eisenchlorid (in Alkohol) purpurviolett.

Bei der Hydrolyse mit wässrigen Alkalien entsteht »Betorcinol« (*β*-Orcin) und Rhizoninsäure.

133. Orseille, ital. oricello, span. orchilla, engl. archil, orchil, orseille (Persio [roter Indigo]), Cudbear, französischer Purpur (pourpre française) gehört wie Lackmus zu den Flechtenfarbstoffen und dient zur Bereitung des Orseilleextraktes (der echten Orseille), die alle in der Färberei Verwendung finden, allerdings fast ausschließlich in der Wollfärberei, seltener im Zeugdruck. Orseille fixiert sich auf Wolle und Seide in schwach saurem und auch in neutralem oder schwach alkalischem Bade. Es wird meist unter Zusatz von Alaun, Zinnchlorid, Oxalsäure oder Weinsäure gefärbt. Obwohl die Orseillefärbungen wenig lichtecht sind, und trotz der Konkurrenz der Azofarbstoffe, werden sie noch immer angewandt, einesteils weil Orseille, wie schon erwähnt, unter den verschiedensten Bedingungen anfärbt, andererseits vorzüglich egalisiert und sich deshalb mit fast allen anderen Farbstoffen beliebig nuancieren läßt. Der reine Farbstoff ist mehr oder weniger blaustichig rot [Bolley (214), Nietzki (215)].

Geschichte der Orseille: Um 1300 entdeckte ein Florentiner aus deutschem Geschlecht, Ferro oder Frederigo bei einer Reise in der Levante, daß verschiedene Flechten als Material zum Färben verwendet werden können. Während des ganzen 14. Jahrhunderts wurde das Verfahren der Orseillefärberei in Florenz geheim gehalten.

Die in Florenz verarbeiteten Flechten wurden zunächst nur an den Küsten Italiens gesammelt. Später, als die Kunst der Orseillefärberei sich überallhin ausdehnte, wurden die Pflanzen hauptsächlich von der Westküste Südamerikas, von Ostindien, Afrika, den Kanarischen und Kapverdischen Inseln bezogen und über Marseille, Havre und London importiert. Die Mengen von Orseilleflechten, die in den fünfziger und sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts zur Verschiffung gelangten, waren sehr beträchtlich.

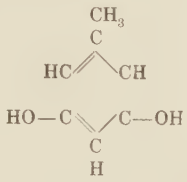
Die Flechten werden nach den Exportplätzen oder nach den Produktionsländern benannt. Es sind hauptsächlich Roccella-Arten (Krautorseille) und zwar aus Lima, Angola, Mozambique, Zanzibar und Ceylon, ferner *Roccella Montagneï* (nach früherer Bezeichnung *R. fuciformis),* ebenso wahrscheinlich die aus Valparaiso, Benguela, Madagaskar und Batavia, während die Flechten von Kap Verde und den Kanarischen Inseln hauptsächlich von *Roccella tinctoria* abstammen.

Daneben kommen auch skandinavische Flechten, Flechten aus den Py-

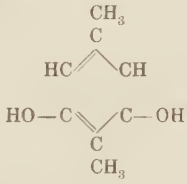
renäen und den Alpen zur Verwendung, sie gehören hauptsächlich zur Gattung *Variolaria* und *Lecanora*. Überhaupt können alle Flechten zum Färben benutzt werden, die Orcin oder einen Abkömmling desselben enthalten, also auch Evernia-, Cladonia-, Ramalina-, Usnea-usw.-Arten.

Für die Farbstoffgewinnung kommen jetzt 4 Flechtensorten in Betracht, nämlich *Roccella Montagneï*, *R. fuciformis*, *R. peruensis* (= *fructicosa* und *cacticola*) und *R. tinctoria*. Die beiden erstgenannten wachsen hauptsächlich auf Pflanzen, die letzte auf Erdboden und Gestein.

Gemeinsam ist allen diesen Flechten die Eigenschaft bei der Behandlung mittels Ammoniak Orcin



in manchen Fällen das homologe β-Orcin



abzuspalten, aus dem sich bei Gegenwart von Luft unter Mitwirkung des Ammoniaks der eigentliche Farbstoff, das Orceïn, bildet, ein Gemisch mehrerer Verbindungen.

Die Muttersubstanz des Orcins (β-Orcins) gehört den oben beschriebenen Flechtensäuren an, esterartigen Abkömmlingen des Orcins oder nahen Verwandten von ihm. Lecanorsäure (Diorsellinsäure [Nr. 127]), Erythrin (Erythrinsäure [Nr. 130], Orsellinsäure [Nr. 126], Evern- und Everninsäure [Nr. 128] und Ramalsäure [Nr. 129].

Andere Flechtenbestandteile leiten sich vom β-Orcin, zum Teil auch vom Methylphlorogluzin ab, z. B. Barbatinsäure [Nr. 132], Atranorin (Atrar- und Atranorinsäure [Nr. 131], β-Orcinolkarbonsäuremethylester usw.

Orcin schmilzt wasserfrei bei 106,5 bis 108°, siedet bei 287—290° und ist in Wasser, Alkohol und Äther sehr leicht löslich, Eisenchlorid gibt eine violettschwarze, Chlorkalk eine dunkelrote Färbung. In den Flechten kommt es auch in freier Form vor.

Orceïn ist das färbende Prinzip der Orseille. Man kann es aus käuflicher Orseille als braunrotes Pulver isolieren durch Versetzen mit Salzsäure, Abdampfen zur Trockne, Auskochen des Rückstandes mit Alkohol, Wiedereindampfen und Waschen mit Wasser und dann mit Äther. Aus Orcin kann man es künstlich erhalten, wenn man dieses in dünner Schicht längere Zeit Ammoniakdämpfen aussetzt, das tiefbraune Reaktionsprodukt an der Luft trocknet und durch Behandlung mit Äther, in dem es unlöslich ist, von Verunreinigungen befreit.

Schneller erfolgt die Orceïnbildung durch Oxydation des Orcins in ammoniakalischer Lösung mit Wasserstoffsuperoxyd. Ob alle diese gelb bis karmoisinrot gefärbten Produkte identisch sind, ist noch unsicher. In dem aus Orcin und Ammoniak durch Luftoxydation gewonnenen Orceïn sind nach Zulkowski und Peters (215) drei Farbstoffe enthalten:

a) Das rote Orceïn, $C_{28}H_{24}O_7N_2$, Hauptprodukt gebildet nach der Gleichung:

$$4\,C_7H_8O_2 + 2\,NH_3 + 6\,O = C_{28}H_{24}O_7N_2 + 7\,H_2O,$$

braunes Kristallpulver, in Alkohol mit roter, in Alkalien mit blauvioletter Farbe löslich. Unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Äther und Essigsäure. Die Ausbeute beträgt 50% des angewandten Orcins.

b) Gelber kristallinischer Farbstoff $C_{21}H_{19}O_5N$ nach der Gleichung:

$$3\,C_7H_8O_2 + NH_3 + 3\,O = C_{21}H_{19}O_5N + 4\,H_2O.$$

Im Gegensatz zum Orceïn mit gelber Farbe löslich in kochendem Wasser, Alkohol und Äther.

c) Amorpher in Alkohol unlöslicher, lackmusartiger Farbstoff.

Zur Herstellung der technischen Orseille gibt es eine große Anzahl von Vorschriften. Man befreit die Flechten zunächst von anhaftendem Sand und Steinen, arbeitet sie energisch mit Wasser durch, kocht auch zuweilen auf und gießt

sie durch Siebe. Die farbgebenden Bestandteile gehen zum Teil gelöst, zum Teil als Pulver durch. Die so erhaltene Flüssigkeit wird mit Ammoniak (Gaswasser) versetzt und in offenen Kästen gelinde erwärmt. Der Farbstoff scheidet sich allmählich als Teig ab und kommt als Orseille en pâte in den Handel.

Die Orseille wurde früher durch Einwirkung von faulendem Harn auf die oben genannten Roccellen und späteren Zusatz von Ätzkalk dargestellt. Späterhin hat man das Verfahren dahin verbessert, daß man die zerkleinerten Flechten zuerst mit verdünnter Sodalösung auskocht und dann der Einwirkung der Luft und wässrigen Ammoniaks wochenlang überläßt. (Bei kürzerer Dauer des Prozesses wird die Orseille mehr rot, bei längerer mehr violett.) Statt des wässrigen Ammoniaks wird übrigens jetzt allgemein Gaswasser verwandt. Es wurden im Laufe der Jahre verschiedene Methoden der Orseillebereitung angegeben. Siehe hierüber Muspratt (216). Besonders beachtenswert ist wohl der Vorschlag von Frezou, die Flechten mit Wasser auf Kornsieben schwach zu reiben, wodurch sich ein weißes Pulver abscheidet, das fast den ganzen Chromogengehalt der Farbflechte ausmacht. Dieses Pulver, mit Ammoniak der Luft ausgesetzt, gibt die schönste Farbe. Schließlich erhält man bei dem Ammoniak-(Gaswasser-)Verfahren eine breiartige Masse, die in Fässer verpackt wird, um sie vor dem Austrocknen zu schützen. Man faßte die Orseillegärung allgemein als einen rein chemischen Prozeß auf. Nach F. Czapek (217) ist aber ein aus faulendem Harn isolierter, dem Heubazillus ähnlicher, jedoch nicht kettenbildender, unbedingt aerober Bazillus der Erreger der Orseillegärung; dieser verarbeitet die Flechtensäuren unter Abspaltung von Orcin, das ein für ihn giftiges Stoffwechselprodukt darstellt. Die Orceïnbildung ist allerdings ein rein chemischer Prozeß, der die physiologische Bedeutung eines neben der Orcinbildung laufenden Entgiftungsvorganges hat.

In manchen Fabriken werden die gemahlenen Flechten erst mit Kalkwasser oder Sodalösung behandelt und gekocht, bevor man sie der Einwirkung des Ammoniaks aussetzt.

Die käufliche Orseille (Orseille in Teig, orseille en pâte) bildet eine teigige oder trocken zusammengebackene, mehr oder weniger rotviolette oder dunkelviolette Masse von eigentümlich ammoniakalischem Geruch und alkalischem Geschmack. Unter dem Mikroskop läßt sie die Fasern der Rinden- und Markschicht, die Spermatien und die Gonidien in wohlerhaltenem Zustande erkennen. Alle genannten Bestandteile sind gefärbt, besonders intensiv die sehr wohlerhaltenen Gonidien. Auch stark korrodierte Kristalle von oxalsaurem Kalk finden sich hin und wieder.

Der Persio (Cudbear, Cudebear, roter Indigo) in Schottland, England, Schweden und Nordamerika, vorzugsweise in Kanada dargestellt, bildet ein feines, violettes Pulver, das sich nur durch die Mehlform von der Orseille unterscheidet. Es wird durch Vermahlen und späteres Beuteln aus bei gelinder Wärme getrockneter Orseille bereitet. Cudbear wurde früher aus schottischen Lecanoraarten, jetzt aus gewöhnlichen Roccellaflechten gewonnen als der eingetrocknete und gepulverte Farbstoff aus der Paste. Der Name soll von Cuthbert Gordon abgeleitet sein, dem Vornamen des Mannes, der in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die Fabrikate des Produktes in England oder Schottland in Aufnahme gebracht hat.

Wenn man die Lösung der aus den Flechten direkt gewonnenen Kalzium- oder Ammoniumverbindungen nach vorhergegangener Abscheidung durch Mineralsäuren in Ammoniak gelöst mit Luft behandelt hat, entstehen Extrakte von verschiedener Konzentration, die unter den Bezeichnungen Orseilleextrakt, einfach, doppelt, konzentriert, oder Orseillekarmin in den Handel gebracht werden. Das Eindampfen des Teiges geschieht bei niederer Temperatur meist so weit, daß der Extrakt doppelt so ausgiebig ist als das Ausgangsmaterial. Die meist angewandten Methoden stammen von Stenhouse, de Luynes, Heeren und Gauthier de Claubry. Vgl. hierzu Muspratt (218).

Der französische Purpur, pourpre française (Guignons Purpur) ist entweder eine aus Flechten direkt dargestellte, ammoniakalische Orceïnlösung

oder ein hieraus durch Kalziumchlorid gefällter Kalziumlack von tiefgrauroter Farbe. Manche Präparate werden dargestellt, indem man den ammoniakalischen Flechtenauszug mit Salzsäure fällt, den Niederschlag wieder in Ammoniak löst und die Flüssigkeit der Luft aussetzt. Die rote Lösung wird auf 75° erwärmt, wobei sie purpurfarbig wird und mit Säuren der Farbstoff ausfällt. Er ist violettstichig-purpurn.

Zur Wertbestimmung der Orseillepräparate werden nach v. Cochenhausen 5 g in 1 Liter gelöst und 50 cc der Flüssigkeit auf 1 g Wolle ausgefärbt. Dem Farbbad werden 10 % (vom Wollgewicht) Alaun mit 2 % Weinsäure zugesetzt. Die ausgefärbte Probe wird mit Standardmustern, die man unter gleichen Bedingungen erhält, verglichen.

Zur Bestimmung des Orcingehaltes in den Flechten mischt man 2 g Pulver mit 2 g Soda, bringt mit Wasser auf 100 cc und digeriert 20 Minuten lang. 50 cc des Filtrates werden mit frischer Natriumhypochloritlösung oxydiert. Dann fügt man einen Überschuß von $\frac{n}{10}$ Arsenigsäurelösung hinzu und titriert mit Hypochloritlösung zurück. Den Endpunkt der Reaktion stellt man durch Tüpfeln auf einer Porzellanplatte mit Jodkalium als Indikator fest.

Verfälschungen der Orseille kommen oft vor, da sie hoch im Preis steht. Man benutzt Blau- oder Rotholzextrakt und Teerfarben (Fuchsin, Azofarbstoffe).

Anwendung der Orseille in der Färberei.

Orseille, vor der Einführung der Teerfarbstoffe in größtem Umfange verwandt, dient jetzt noch zum Färben von Seide und Wolle. Die Färbungen, violett und bläulichrot mit oder ohne Beize (Alaun, Zinnsalz), im neutralen, sauren oder alkalischen Bad erzeugt, sind schön und fallen gleichmäßig aus, sind aber sehr unecht. Die Orseillepräparate sind fast ganz verdrängt durch Methylviolett, die Säurevioletts und manche bläulichroten Azofarbstoffe (Azofuchsin, Azoorseille, Chromotrope).

Im Baumwolldruck wird Orseille selten benutzt. Obwohl Orceïn mit Verbindungen des Kalziums oder der Schwermetalle gefärbte, schwer lösliche Lacke gibt, kann es doch nicht als wirklicher Beizenfarbstoff betrachtet werden. Die Färbungen auf Wolle und Seide geben rein rote bis violette Töne, die durch Zusatz von gelben, roten oder blauen Farbstoffen beliebig nuanciert werden können.

Chemische Bestandteile der Orseille: Lecanorsäure (Diorsellinsäure) [Nr. 127], Parellsäure $C_9H_6O_4$, Roccellsäure $C_{17}H_{22}O_4$, Erythrinsäure [Nr. 130] zusammen 2—12 % .

Handelsprodukte: Madeira, Mogador, Sansibar, Valparaiso, Lima, Angola, Benguella, Bourbon.

Morphologische Zusammensetzung: Ganzer Thallus verschiedener strauchartiger Flechten.

a) Krautorseille: *Roccella* (Fam. Roccellaceae), insbes. *R. Arnoldi, tinctoria, phycopsis.*

b) Erdorseille (seltener): *Ochrolechia* (Fam. Lecanoraceae), insbes. *O. tartarea, pallescens* und *Parella Massal;* letztere liefert die sog. »Parelle«.

134. Lackmus, lat. lacca musci, lacca musica, ital. tomasole, lacca-muffa, span. tomasol, franz. tournesol, litum, engl. litmus.

Lackmus, nach Beckmann (219) eine holländische Erfindung, wird hauptsächlich in Holland, Südfrankreich und in einigen Gegenden Westdeutschlands bereitet. Er wird aus denselben Flechten, die mit Ammoniak an der Luft den Orceïnfarbstoff der Orseille liefern, gewonnen, also aus Roccella-, Variolaria- und Lecanoraarten, die vorwiegend in Skandinavien und an den Küsten des Mittelmeeres gesammelt werden (»Erdorseille«). Als Rohstoffe für die Fabrikation, die fast ausschließlich in Holland betrieben wird, wendet man vornehmlich *Roccella tinctoria, R. fuciformis* und *Ochrolechia tartarea* an. Das Verfahren ist ähnlich wie die Orseillebereitung, nur die Gärungsdauer ist länger.

Die getrockneten und gemahlenen Flechten werden innig mit kohlensaurem Ammoniak (früher mit gefaultem Harn), Pottasche, Kalk und Wasser verrührt und dann sehr lange einer bald einsetzenden Gärung überlassen. Die Farbe der Mischung,

wird zunächst violett, nach 2—3 Wochen schließlich blau; während dieser Zeit wird hin und wieder eine neue Menge Ammoniak (Gaswasser) oder Harn hinzugefügt, schließlich wird mit gemahlener Kreide und mit Gips gemischt und durchgearbeitet und die abgepreßte Masse, in Würfel geformt, an der Luft getrocknet. Die Würfel sind matt, dunkelblau, leicht zerreiblich, im Bruch erdig.

Im freien Zustande ist der Lackmusfarbstoff rot, während seine Salze blau sind. Wässrige Auszüge des Lackmus schimmeln schnell; in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, entfärbt sich die Lösung durch Reduktion, doch kehrt die blaue Farbe an der Luft wieder zurück. Kane (220) hat aus Lackmus 3—4 verschiedene Farbstoffe isoliert. Er behandelte Lackmus mit kochendem Alkohol, dabei gehen zwei wenig charakterisierte rote Farbstoffe: Erythroleïn und Erythrolitmin in Lösung. Ersteres ist in Äther löslich und stellt eine halbfeste, rote Masse dar, die sich in Ammoniak mit purpurroter Farbe löst, letzteres bildet dunkelrote, kristallinische Körner, die in Ammoniak mit blauer Farbe löslich sind. Der Hauptbestandteil ist das in Alkohol unlösliche Azolitmin, das im käuflichen Lackmus an die bei der Darstellung benutzten Basen gebunden ist. Das Azolitmin des Handels ist sehr unrein (etwa 20%ig). Zur Reinigung muß man es in Ammoniak lösen, mit Salzsäure ausfällen und den Niederschlag mit heißem verdünnten Alkohol extrahieren. Das Azolitmin ist ein dunkelrotbraunes, amorphes Pulver, das wenig in Wasser, Alkohol und Azeton, gut in Essigsäure und Alkalien löslich ist, aus denen es durch Salzsäure wieder abgeschieden wird. Äther löst mit gelber, Alkohol mit blauer Farbe. Die blauviolette Lösung in Alkalien wird mit Säure rot, worauf die Verwendung als Indikator beruht. Hochempfindliches Azolitmin wird hergestellt, indem man Lackmus mit starker Schwefelsäure vermischt, die Mischung trocknet, pulverisiert und mit starkem Alkohol extrahiert. Durch Eingießen des Extraktes in kaltes Wasser scheidet sich hochempfindliches Azolitmin ab.

Wartha (221) extrahierte aus Lackmus mit kaltem Alkohol einen gegen Säuren unempfindlichen roten Farbstoff, dann mit Wasser das »Lackmusblau«; diesem wird mit absolutem Alkohol und etwas Essigsäure ein scharlachroter Farbstoff entzogen, der sich mit Ammoniak purpurrot färbt. Der reine, gegen Alkalien höchst empfindliche Lackmusfarbstoff bleibt dann als braunes Pulver zurück, er ist in Wasser mit rötlichbrauner Farbe löslich.

Die alkohollöslichen fluoreszierenden Farbstoffe haben als Muttersubstanz wohl das Erythrin [Nr. 130], da man ähnliche Körper aus Aminoorsellinsäure künstlich gewinnen kann.

Dem Lackmus ähnliche von de Luynes beschriebene, aus Orcin hergestellte Verbindungen werden gewonnen, indem man Orcin mit Ammoniak, Wasser und Sodalösung 4—5 Tage lang bei 60—80° behandelt und die blauviolette Lösung mit Salzsäure versetzt. Man kann statt mit Luft auch mit Wasserstoffsuperoxyd oxydieren. Auch aus Aminoorcin erhält man lackmusähnliche Farbstoffe.

In den Handel gelangt der Lackmus mit Gips und Kreide vermengt in Form von Täfelchen, die meist nur wenig Farbstoff enthalten.

Verwendung findet Lackmus, außer als Indikator für Säuren und Alkalien, hier und da auch zum Färben von Wein und zum Bläuen der Wäsche.

Lackmus hat für die praktische Färberei keine Bedeutung. Seine Hauptverwendung findet er als Indikator in Form von Tinktur, Reagenzpapier und Lackmusmolke*). Letztere dient zur Unterscheidung gewisser Bakterienarten (Bacterium coli, Typhus, Paratyphus), die sie mehr oder weniger rasch röten bzw. bläuen und verschieden gut auf ihr gedeihen. Vielfach wird Lackmus noch, besonders in Holland, zum Färben von Backwaren, Likör, eingemachten Früchten, Käse, Schminke usw. verwandt.

*) Bereitung der Lackmusmolke. Milch wird mit der gleichen Menge Wasser verdünnt, schwach erwärmt, und dann mit so viel schwacher Salzsäure versetzt, daß alles Kasein ausfällt. Der Niederschlag wird abfiltriert, das Filtrat genau mit Sodalösung neutralisiert, ein bis zwei Stunden im Dampf gekocht, wieder filtriert und mit Lackmustinktur bis zum neutral violetten Farbton versetzt. Vgl. C. Flügge, Grundriß der Hygiene, Leipzig.

Verfälschungen von Lackmus mit Indigblau wurden von Wartha (221) beobachtet. Das Lackmoid, ein blauer, dem Lackmus ähnlicher Farbstoff, ist kein Flechtenfarbstoff, sondern wird durch Erhitzen von Resorzin mit einer konzentrierten Kaliumnitritlösung gewonnen.

Tournesollappen (Tournesol en drapeaux). Mit dem Safte zweier südeuropäischer, bei Nimes (in Grand-Gallargues) in Frankreich angebauter Euphorbiaceen: *Chrozophora tinctoria* Just, auch im Mittelmeergebiet, Nordafrika, Ostindien vorkommend, und *Croton tinctorium*, wurden früher grobe Leinwandlappen getränkt; den Dämpfen von Ammoniak (aus gefaultem, mit Kalk versetztem Harn bereitet) ausgesetzt, wurde darauf ein blauer Farbstoff entwickelt. Das Tränken mit dem Pflanzensafte und das Behandeln mit Ammoniak wurde noch einmal wiederholt; diese mit Farbstoff imprägnierten Tücher bildeten die Tournesollappen, die früher von den Holländern zum Färben des Käses verwandt wurden. Indessen ist nichts darüber bekannt, ob dieser Farbstoff in irgendeiner Beziehung zu den Flechtenfarbstoffen (Lackmus) steht (222).

Farbstoffe unbekannter Konstitution.

Unlösliche Rothölzer [Nr. 135—139].

Die Farbstoffe dieser kleinen Gruppe: Sandelholz [Nr. 135], Barwood [Nr. 136], Caliaturholz [Nr. 137], Narrawood [Nr. 138] und Camwood [Nr. 139] besitzen sehr ähnliche Färbeeigenschaften und werden wegen der geringen Wasserlöslichkeit ihrer harzartigen Farbstoffe »unlösliche« Rothölzer genannt. Sie können daher auch nicht erzeugt werden, wie es bei den löslichen Farbhölzern der Fall ist (z. B. bei Brasilholz, Japanholz usw.), um denselben Typ des Handelsextraktes zu erhalten.

Diese Farbhölzer sind färbereichemisch interessant, da der in ihnen enthaltene Farbstoff substantiv für tierische Faser ist und so durch Auskochen des Farbmaterials zu einem wässrigen Extrakt des Holzes bzw. einer Suspension, eine ziegelrote Färbung erzeugt werden kann. Es ist jedoch bemerkenswert, daß, obgleich die färbenden Bestandteile aller dieser Hölzer in Alkohol löslich sind, die erzeugte Färbung durch dieses Lösungsmittel nicht mehr von der Faser entfernt werden kann; es scheint daher wahrscheinlich, daß der Farbstoff auf der Faser in Form seines sauren Kalziumsalzes existieren kann, denn nur nach vorhergehendem Eintauchen der Wolle in konzentrierte Salzsäure und nachfolgendem Waschen kann der Farbstoff mit Alkohol extrahiert werden. Die mit Sandelholz, Barwood und Caliaturholz erhaltenen Färbungen sind einander sehr ähnlich, Camwood gibt etwas blauere Töne, und nach Angabe der Färber ist sein Farbstoff in Wasser leichter löslich als der der anderen Farbstoffe dieser Klasse.

	Chrom:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
Camwood:	rotviolett	rot	violett	blaurot
Sandelholz:	braunrot	orangerot	marron	rot

Obwohl diese Hölzer jetzt praktisch in der Baumwollfärberei nicht mehr verwandt werden, so wurden sie früher — besonders Barwood — eine Zeitlang in beträchtlichem Maße benutzt zur Erzeugung eines »falschen (nachgemachten)« Türkischrots. Zu diesem Zwecke wurde das Fasermaterial mit Zinn gebeizt (Natriumstannat oder Zinnchlorid) und darauf Tannin fixiert. Barwood erzeugte dann eine schöne leuchtend rote Farbe, die walkecht, aber lichtempfindlich ist.

In der Wollfärberei finden diese unlöslichen Farbhölzer nur noch geringe Anwendung, gewöhnlich in Verbindung mit Blauholz und Gelbholz zur Erzeugung von Mischtönen und in geringem Umfange als Grundlage in der Indigofärberei. Man kocht die Wolle in einem Bade, das das Farbholz enthält (sogenanntes »Stopfen«) und fügt dann eine Lösung von Kaliumbichromat, Eisensulfat oder Kupfersulfat hinzu (sogenanntes »Nachdunkeln« oder »Schwärzen«). Da diese Färbungen lichtunecht sind, so hat man sie durch Alizarinfarbstoffe ersetzt.

135. Rotes Sandelholz, lat. lignum santali rubrum (lignum santalinum), franz. bois de santal, engl. red sanderswood, santalwood, sandelwood, ist das Kernholz von *Pterocarpus santalinus* L. fil. und *Pt. indicus* Wlld., zu den Leguminosen (Unterfam. Papilionatae

[Papilionaceae]) bzw. zu der Familie der Dalbergiae gehörend, kleine Bäume, die in Ost- und Südindien, Ceylon, Golkonda, Timor, auf Malakka, an der Koromandelküste, auf den Philippinen usw. heimisch sind, die in Indien auch angepflanzt werden, und deren Kultur und Nutzung dort unter forstlicher Aufsicht steht.

Das schon im Sanskrit erwähnte und in Europa schon ungefähr seit der Mitte des 16. Jahrhunderts bekannte rote Sandelholz ist nicht zu verwechseln mit dem ostindischen Sandelholz von *Santalum album* L., dem ostafrikanischen Sandelholz von *Osyris tenuifolia* Engl. und schließlich mit dem westindischen Sandelholz von *Amyris balsamifera* L.

Das rote Sandelholz kommt hauptsächlich aus Madras in 1—$1^1/_2$ m langen, etwa schenkeldicken vierseitigen (vierkantigen) Blöcken, Klötzen, Scheiten oder Brettern in den Handel, die sehr hart und schwer (spez. Gew. 1,014), innen mehr oder weniger blutrot, außen braunrot bis schwarzrot gefärbt und splittrig sind, und eine schöne Politur annehmen. Diese Klötze sind meist dem unteren Teile der Stämme und den dickeren Wurzeln entnommen und werden im Kleinverkehr auch geschnitten, geraspelt oder gepulvert verkauft. Das Raspeln oder Vermahlen zu einem feinen Pulver, das schwach aromatisch riecht, erfolgt auf europäischen Farbmühlen.

Hart und schwer (spez. Trockengewicht 0,75—0,82), uneben und grobfaserig spaltend, auf der Spaltfläche seidenartig glänzend, Wasser von gewöhnlicher Temperatur nicht, heißes gelbrötlich, Alkohol satt rötlichgelb, alkalische Lösungen tiefrot bis violett färbend. Ohne auffälligen Geruch und Geschmack. Es gibt an Alkohol 19,6 % Extrakt ab, von denen $16^3/_4$ % aus einem roten Farbstoff bestehen, der in kochendem Wasser wenig löslich, jedoch in Alkohol leicht löslich ist. Dieser rote Farbstoff, zuerst als Sandelrot, dann als Santalin (Santalsäure) bezeichnet, scheint im Holz nicht frei, sondern in Form eines (farblosen) Glukosids vorzukommen.

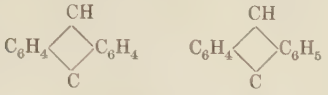
Zur Gewinnung des Sandelholzfarbstoffes extrahiert man das geraspelte Holz mit Äther, verdunstet das Lösungsmittel größtenteils und nimmt die unreinen Kristalle nach dem Waschen mit Wasser in Alkohol auf. Die alkoholische Lösung wird mit Bleiazetat gefällt, das Bleisalz mit Alkohol ausgekocht und mit Schwefelsäure oder Schwefelwasserstoff zersetzt. Aus der konzentrierten Lösung scheidet sich das Santalin in schönen roten, mikroskopischen Kristallen vom Schmelzpunkt 104° ab. Es ist in Wasser nur sehr schwer (1:700), dagegen leicht in Alkohol, Äther und Essigsäure mit blutroter Farbe löslich. Er besitzt die Eigenschaften einer schwachen Säure (»Santalsäure«), seine alkoholische Lösung rötet Lackmuspapier, ferner löst es sich leicht mit rotvioletter Farbe in Alkalien und läßt sich mit Säuren wieder ausfällen. Die rotbraun bis blutrot gefärbten Lacke der alkalischen Erden und der Schwermetalle erhält man aus der Lösung des Kalisalzes. Santalin hat die Formel $C_{15}H_{14}O_5$.

Extrahiert man das Holz mit verdünntem kochenden Alkali, neutralisiert mit Salzsäure und trocknet den voluminösen ziegelroten Niederschlag, so erhält man durch Ätherextraktion zwei kristallinische Substanzen: Santal, $2\,C_8H_6O_3 \cdot 3\,H_2O$, farblos und eine leuchtend rote Verbindung $C_{14}H_{12}O_4$.

Santal kristallisiert aus Alkohol in farblosen rechteckigen Täfelchen, wenig löslich in Alkohol, leicht in verdünnten kaustischen Alkalien mit schwach gelber Farbe. Mit alkoholischer Eisenchloridlösung erhält man eine Rotfärbung. Die Verbindung $C_{14}H_{12}O_4$ ist wenig löslich in kochendem Alkohol und stellt ein rotes kristallinisches Pulver von grünem Metallschimmer dar. In kaustischen Alkalien ist es mit purpurroter Farbe löslich, in Schwefelsäure mit oranger Farbe.

Für die Gewinnung des Santalins aus dem Holz und nachfolgende Reinigung kann man zwei Methoden anwenden. In dem einen Falle wendet man einen alkoholischen, im zweiten einen ätherischen Auszug an; in beiden Fällen wird der Farbstoff als Bleisalz isoliert. Das Produkt von früheren Prozessen wird in das Kaliumsalz verwandelt, dieses zerlegt und der Farbstoff wiederholt aus Alkohol umkristallisiert. Das so hergestellte Santalin besteht aus hellroten kleinen Kristallen, die bei 223° erweichen

und bei 226° schmelzen. Der Körper enthält eine Methoxyl- und zwei Hydroxylgruppen: $C_{14}H_{11}O_4 \cdot OCH_3$, mit Kaliumazetat erhält man $C_{30}H_{27}O_{10}K$, man muß daher vielleicht die ursprünglich für Santalin angenommene Formel $C_{15}H_{14}O_5$ verdoppeln. Da bei der Zinkstaubdestillation Anthrazen erhalten wird, so liegt vielleicht ein Dianthrazenderivat vor.



Isoliert man den Farbstoff aus einer alkoholischen Lösung mittels starken Barytwassers, um so die umständlichen Filtrationen bei der Bleiazetat-Methode zu vermeiden, und unterwirft das Produkt der fraktionierten Destillation, so findet man wenigstens zwei Farbstoffe: Santalin und Desoxysantalin. Das auf diesem Wege erhaltene Santalin ist ein schokoladefarbiges Pulver, das bei 243° erweicht, sich bei 250—260° zersetzt und bei 270° verkohlt. Formel $C_{24}H_{22}O_8$ oder besser $C_{30}H_{28}O_{10}$.

Desoxysantalin: der lösliche Farbstoff hat vielleicht die Formel $C_{24}H_{24}O_7$, ist ein hellrotes Pulver, dessen ätherische Lösung eine grünliche Fluoreszenz zeigt. Im Gegensatz zu Santalin gibt die alkoholische Lösung keinen direkten Niederschlag mit Kaliumazetat. Die Farbenreaktionen mit Eisenchlorid und Natronlauge haben gelblicheren Charakter als bei Santalin. Mit überschüssigem Kaliumazetat fällt ein gelatinöser Niederschlag aus obiger Lösung.

Möglicherweise sind Santalin und Desoxysantalin identisch und die Abweichungen im Verhalten gegeneinander werden vielleicht nur durch Verunreinigungen hervorgerufen. Die mit Santalin und Desoxysantalin auf gebeizter Wolle erzeugten Färbungen sind denen von Sandelholz sehr ähnlich; das hauptsächliche färbende Prinzip scheint Desoxysantalin zu sein.

Außer dem Farbstoff enthält das rote Sandelholz zwei neutrale Verbindungen, Pterocarpin und Homo-Pterocarpin, die man erhält, wenn man eine trockene Mischung des Holzes und gelöschten Kalks mit Äther extrahiert und das beim Verdunsten zurückbleibende Produkt zuerst aus Alkohol und dann fraktioniert aus Schwefelkohlenstoff umkristallisiert.

Pterocarpin, die weniger lösliche Verbindung, $C_{20}H_{16}O_6$, besteht aus farblosen Blättchen vom Schmelzpunkt 152°; sie ist unlöslich in Alkalien und Säuren und optisch aktiv. Nach anderen Angaben ist die Formel für das auch im Narrawood [Nr. 138] vorkommende Pterocarpin $C_{14}H_{12}O_4$, der Schmelzpunkt 163°.

Homo-Pterocarpin, etwas leichter löslich in Schwefelkohlenstoff, schmilzt bei 82—86°, hat die Formel $C_{24}H_{24}O_6$, ist löslich in Chloroform und optisch aktiv. Enthält Methoxygruppen.

Homo-Pterocarpin aus Narrawood [Nr. 138], Schmelzpunkt 86°, $C_{17}H_{16}O_4$. Nach anderen Angaben ist der Schmelzpunkt 88°, und Methoxygruppen sind nicht nachzuweisen. Möglicherweise ist das Homo-Pterocarpin ein Abkömmling des Chromans oder Kumarans.

Anwendung in der Färberei. Das gemahlene oder geraspelte Holz dient zum Färben von Wolle und Baumwolle. Obwohl es auf Wolle auch direkt zieht, ist Santalin ein beizenziehender Farbstoff; es wird besonders mit Chrom-, Tonerde- und Zinnoxydsalzen gefärbt und erzeugt damit bordeauxbraune bis blaurote Nuancen. Seine Anwendung ist beschränkt, denn die damit erzielten Nuancen sind sehr lichtunecht, und es wird nur noch in Verbindung mit anderen Farbstoffen wie Blauholz, Gelbholz, Indigo usw. benutzt.

Anwendung auf Wolle. Wegen der geringen Wasserlöslichkeit des Santalins benutzt man hier die Methode des »Ansiedens«, d. h. die Wolle wird zunächst mit dem Farbholz angesotten und dann in der kochenden Lösung der Beize die Farbe entwickelt oder abgedunkelt. Auf diese Weise erhält man mit 2% Kaliumbichromat volle bläulichrote (bordeauxrote) Töne; mit 10% Aluminiumsulfat entstehen Färbungen mit gelblicher Nuance. Mit Zinnbeize erhält man das schönste und blaueste Rot; auch Eisenbeize wird benutzt. Nach E. Nölting werden z. B. in Verviers die Tuche für die belgische Armee gefärbt, indem man die Stücke mit Sandelholz ansiedet und Ferrosulfat fixiert; nach dem Über-

färben mit Indigo in der Küpe erhält man ein dunkles, rötliches Blau.

Die Anwendung auf Baumwolle ist beschränkt, da die Färbungen sehr licht- und alkaliunecht sind. Mit zinnsaurem Natron gibt es eine Art von Türkischrot.

Sandelholz wird von den Tischlern zum Färben der Lacke gebraucht, auch Räucherkerzen werden daraus gefertigt oder damit gefärbt, sowie Tinkturen, Liköre, Nahrungsmittel (Backwerk) usw. Vereinzelt stellt man noch Farblacke für Tapeten aus dem Farbholz her.

Die Färbungen sind ziemlich säureecht, aber wenig beständig gegen Licht und Alkalien.

Die Wertbestimmung erfolgt durch Probefärbungen.

136. Afrikanisches Sandelholz, afrikanisches Rotholz, barwood, »Muenge«, ist das Holz von *Baphia nitida* Lodd. (Fam. Leguminosae, Unterfam. Papilionatae); es stammt aus der Sierra Leone und Angola (Afrika).

Es enthält 23% Santalin und wird wie Sandelholz verwandt; auf Baumwolle erzeugt es eine leuchtend rote Farbe.

Seine physikalischen Eigenschaften sind in der Hauptsache denen des Sandelholzes ähnlich; in geraspelter Form ist die Farbe etwas röter, und es fehlt der aromatische Geruch.

Nach Wiesner (223) wird das afrikanische Sandelholz, barwood, meist von *Pterocarpus santalinoides* l'Hérit., einer nach Taubert [s. Engler-Prantl (224)] sehr zweifelhaften Art im tropischen Westafrika (Sierra Leone), wohl auch als »Angolaholz« von dem dort heimischen *Pt. angolensis* D. C. abgeleitet [siehe z. B. Vogl (225)]. Nach dem Index Kewensis wäre *Pterocarpus santalinoides* l'Hérit. identisch mit *Pt. esculentus* Schum. et Thonn., nach Perrot und Gérard aber zu vereinigen mit *Pt. erinaceus* Poir. Eine Nachprüfung dieser Annahme steht noch aus; das Holz von *Pt. erinaceus* ist dem von *Pt. Soyauxii* sehr ähnlich [Harms (226)]. Auch das in Kamerun als »Muenge« bezeichnete afrikanische Rotholz wird erstgenannter Art zugeschrieben [von Jentsch (227); Büsgen (228) läßt die Artfrage offen], stammt aber nach Harms zum großen, wenn nicht größten Teile von dem dort und in Gabun wachsenden *Pt. Soyauxii* Taub., einer von *Pt. esculentus* (s. o.) ganz verschiedenen Art [Harms (229), vgl. auch Gilg u. Brandt (230)].

Holz nach Brick (231) dem ostindischen roten Sandelholze sehr ähnlich, aber durch hellere Färbung, tangential längere Parenchymzonen, dünnerwandige Fasern, minder häufiges Vorkommen von »Harzgummi« in den Gefäßen, aber reichlicheres Auftreten von Kristallschläuchen, endlich durch das geringere, nur 0,62 betragende spezifische Gewicht unterschieden. Verhalten gegen Lösungsmittel dem des ostindischen Sandelholzes ähnlich.

Eine als »Muenge« aus Kamerun erhaltene Holzprobe (mit hellem, gelbgrauem Splint) zeigte gleichfalls im wesentlichen den Bau des ostindischen Sandelholzes, doch engere (meist nur 0,15 bis 0,25 mm weite) Gefäße und im Querschnitt zahlreichere und tangential längere Querzonen von Strangparenchym (deren hier 8—12 auf 2 mm in radialer Richtung entfielen). Markstrahlen fast nur einschichtig, 5—9 Zellen (0,10—0,17 mm) hoch, im Tangentialschnitt in ziemlich regelmäßigen Querreihen, Strangparenchym nur zweizellig. Roter Harzgummi spärlicher, doch die Färbung der Zellwände sehr lebhaft. Verhalten gegen Lösungsmittel und Eisenchlorid wie oben, desgleichen Spaltbarkeit und Aussehen der Spaltflächen. Spez. Gew. nach E. Appel 0,64—0,65.

Für Furniere, Möbel, Einlegearbeiten geeignet, in seiner Heimat zum Kanubau verwandt, auch haltbare Eisenbahnschwellen liefernd [siehe Jentsch (227)].

Kochendes Wasser extrahiert etwa 7% Farbstoff, Alkohol ungefähr 23% und wässriger Äther etwa 19 %.

Barwood mit wasserfreiem Methyläther alkoholfrei extrahiert, liefert nach dem Abdunsten eine kleine Menge Baphia-Säure in tafelförmigen Kristallen. Der konzentrierte Extrakt mit Alkohol gemischt liefert beim Stehen Baphiin und einen etwas dunklen viskosen Farbstoff.

Nach der Extraktion mit Äther wird das Holz mit Alkohol extrahiert und nach dem Einengen hinterbleibt eine halbkristalline Masse, die einen roten viskosen Farbstoff und einen kristallinen Körper enthält.

Baphiin, $C_{24}H_{20}O_8$, Schmelzpunkt über 200°, aus Alkohol in glänzenden tafelförmigen Kristallen, die den Geruch der Veilchenwurzel haben, aus Äther in Büscheln und Nadeln. Unlöslich in Wasser, wenig in Benzol oder Schwefelkohlenstoff. In alkoholischer Lösung oxydiert es sich leicht an der Luft zur orangeroten oder hell purpurfarbenen Lösung.

Baphia-Säure, $C_{24}H_{22}O_9$, oder $C_{24}H_{22}O_{10}$ aus Baphiin durch Kochen mit verdünnter Kalilauge und Versetzen mit Salzsäure als gelblich weißer Niederschlag. Weiße, perlmutterartige Schuppen aus Äther, in Äther sehr leicht löslich, weniger in Alkohol, und unlöslich in Wasser.

Baphinitin, $C_{24}H_{24}O_6$, kristalliner Niederschlag, der bei Zugabe von Wasser zum Niederschlage des Bleisalzes der Baphiasäure fällt, welch letzteres man aus der alkoholischen Lösung von Baphiin und Bleiazetat erhält. Es ist also das Hauptprodukt der Einwirkung kochender verdünnter Kalilauge auf Baphiin.

Baphinitin bildet weiße Nadeln, die in Alkohol und Äther löslich, in Wasser unlöslich sind. Es hat denselben Geruch wie Baphiin, nur stärker (vgl. Pterocarpin).

137. Caliatur- oder Cariaturholz. Der botanische Ursprung dieses Holzes scheint unbekannt zu sein; es wird aus Ostindien nach Europa importiert und kommt in Kloben oder Klötzen von 2 bis 3 m Länge in den Handel, ähnlich wie das rote Sandelholz, mit dem es vielleicht identisch ist [vgl. Semler (232)]. Seine Farbe ist etwas dunkler als dieses, und es enthält eine größere Menge Santalin als dieses.

138. Narrawood, Philippinenholz, Narraholz. *Pterocarpus spp.*, ein wohlbekanntes Philippinenholz, enthält ganz ähnliche Bestandteile wie das rote Sandelholz.

Zur Gewinnung des roten Farbstoffes wird das geschabte Holz mit Alkohol extrahiert, die Lösung eingeengt und mit dem dreifachen Volumen Wasser verdünnt. Nach dem Abdunsten des Alkohols wird die rote amorphe Masse mit 5 Teilen Chloroform digeriert.

Das so erhaltene Narrin ist ein dunkelrotes, in Alkohol sehr leicht, in Chloroform unlösliches, nicht kristallisierendes Pulver, das nicht identisch ist mit dem Santalin des roten Sandelholzes, dessen Schmelzpunkt 104° ist, während Narrin über 180° unter Aufblähen verkohlt.

Die färberischen Eigenschaften des Narrins sind ähnlich wie die des Santalins, nur sind die Färbungen nicht sehr seifenecht.

Aus dem Narrawood sind noch Pterocarpin $C_{14}H_{12}O_4$ und Homo-Pterocarpin $C_{17}H_{16}O_4$ isoliert worden (vgl. rotes Sandelholz [Nr. 135]).

139. Camholz, Gabanholz, camwood, Caban-, Camba- oder Cambalholz, cambi wood, bois du Cam, Poa-Gaban, afrikanisches Rotholz, ist das Kernholz der an der Westküste Afrikas (Sierra Leone, Liberia usw.) einheimischen, auch auf Jamaika vorkommenden, zur Familie der Swarzieen gehörenden Baumpflanze (Leguminosae, Unterfam. Papilionatae) *Baphia nitida* Afzelius. Das dunkelgelbrote, dem Barwood [Nr. 136] sehr ähnliche und von manchen Autoren mit diesem identifizierte afrikanische Camba-Rotholz kommt meist noch mit etwas Splint in armdicken Stücken in den Handel. [Vgl. Sadebeck (233).]

Das außen schwarzrote, innen heller rote bis braunviolette Camholz [vgl. auch C. Brick (234). Dort auch weitere Literaturangaben. B. nennt das Holz dunkel karmoisinrot] soll nach Taubert (235) im frischen Zustande weiß sein. Im Querschnitt durch zahlreiche helle, mit freiem Auge kaum wahrnehmbare Wellenlinien dicht und ununterbrochen gestreift. Unter der Lupe einzelne der mit jenen hellen Querlinien abwechselnden, dunklen Zwischenstreifen breiter und straffer als die übrigen (Grenzen von Jahresringen?). Ziemlich spärliche Gefäße als enge Poren, zum Teil mit glänzendem Inhalt, und sehr zarte Markstrahlen, erst mit der Lupe sichtbar. Im radialen Längsschnitt glänzend, fein »nadelrissig«, durch die Markstrahlen querstreifig, unter der Lupe auch deutlich längsstreifig; im Tangentialschnitt, wenn dieser eine der erstenerwähnten hellen Querzonen bloßlegt, mit sehr feiner und zierlicher, erst unter der Lupe erkennbarer Querstreifung.

Das Camholz ist schwer, hart (spez. Luftrockengewicht 1,09), sehr dicht, auf der Spaltfläche faserig, kaltes Wasser nicht, kochendes gelbrötlich färbend. Das

so gefärbte Wasser trübt sich beim Erkalten, was auch Brick angibt. Der gelbrote wässrige Aufguß wird mit Bleisalzen orangerot gefärbt.

Alle Zell- und Gefäßwände sind satt orange bis purpurrot, in den Zellen des Strangparenchyms und der Markstrahlen roter Inhalt in rundlichen Ballen, in den Gefäßen in brüchigen Stücken, jener in Alkohol größtenteils, in Alkalien, die prächtig violett färben, vollständig löslich. [Weiteres bei Praël (236).]

Camholz wird hier und da als Ersatz des Rotholzes in der Färberei verwandt und soll dauerhaftere Nuancen geben als dieses.

Es gibt tiefe Färbungen, und der Farbstoff ist von den unlöslichen Rothölzern noch der am meisten lösliche; es scheint kein Pterocarpin und Homo-Pterocarpin zu enthalten.

Camwood enthält als Hauptfarbstoff Iso-Santalin, ein schokoladebraunes Pulver, das beim Verreiben röter wird; es ist leicht löslich in heißem Methylalkohol, wird beim Erhitzen bei 280° dunkel und bei 290—300° völlig zersetzt. Formel $C_{22}H_{16}O_6(OCH_3)_2$. Bildet Oxoniumsalze und ähnelt in seinen Eigenschaften seinem Isomeren Santalin. In Beziehung auf Farbenreaktionen und färberische Eigenschaften zeigen sich folgende Unterschiede zwischen Santalin und Iso-Santalin:

	Santalin:	Iso-Santalin:
Alkoholische HBr	karmoisinrot	rötlichviolett
verd. NaOH . . .	schmutzigrot	schmutzigviolett
alkohol. Eisenchlorid	violett	bläulichviolett

Um den Farbstoff in alkoholischer Lösung auszufällen, wurde dem Färbebad Wasser zugesetzt:

	Wolle:	Wolle + Bichromat:	Chromierte Wolle:	Gebeizte Wolle + Bichromat + H_2SO_4:
Santalin . . .	helles schmutziges Rot	trübes rötliches Braun	helles Blaßrot	blaßrot
Iso-Santalin .	helles Violettrot	schmutziges Violettbraun	violettrot	schwächer violettrot

Desoxy-iso-Santalin, $C_{24}H_{15}O_5(OCH_3)_2$, dem Desoxysantalin des roten Sandelholzes entsprechend, ist ein scharlachrotes amorphes Pulver, das bei 160—165° unter Zersetzung (Gasentwicklung) schmilzt. Seine absolut-alkoholische Lösung gibt im Gegensatz zu Iso-Santalin erst bei einem Überschuß von Kaliumazetat eine gelatinöse Fällung.

Vergleich zwischen den Farbenreaktionen und den färberischen Eigenschaften von Desoxy-iso-Santalin und Desoxy-Santalin:

	Desoxy-Iso-Santalin:	Desoxy-santalin:
Alkoholische Lösung	orange	orangebraun
alkoholische HBr . .	leuchtend blaßrot	scharlach
verd. NaOH	karmoisinrot	scharlach
	scharlach	
alkohol. Eisenchlorid	violett	marron

	Wolle:	Wolle u. Bichromat:	Chromierte Wolle:	Gebeizte Wolle + Bichromat + H_2SO_4:
Desoxy-Iso-Santalin .	helles Rotviolett	rotes Gelbbraun	schmutzig rotviolett	helles trübes Rotviolett
Desoxy-Santalin . . .	rot	schmutzig bläulichrot	schmutziges Karmoisinrot	rot

140. **Red Dura, Sudan-Durra, Shikytan** besteht aus den tiefrotbraunen Scheiden einer Graspflanze, anscheinend *Andropogon sorghum* Roth. *var. vulgaris*, auch bekannt als *Sorghum vulgare* Pers. (Fam. Gramineae, Gräser) oder gemeine Mohrenhirse, Mohrenhirse, Kaffernhirse, Negerkorn, Dhurra, Guineakorn, Sorghohirse, indian millet, great millet u. a. In Indien seit alters in vielen Varietäten angebaut; in Afrika, Europa und Amerika als wichtiges Getreide.

Als Stammpflanze von *S. vulgare* wird *S. halepense* Pers. (= *Andropogon arun-*

dinaceus Scop. — Orient, Südeuropa, in Amerika angebaut) angesehen. Beide liefern die in zahllosen Varietäten angebaute Durrha der warmen Länder. Die steifen Rispen liefern die sogenannten Reisbesen. Nur *S. vulgare* L. liefert »Red Dura« (Ägypten).

Shikytan wird in der Blauen-Nilprovinz zum Färben eines »lanzura« genannten Grases gebraucht bei der Herstellung gefärbter »bursh«-Matten, gelegentlich auch für Leder von »markubs« (sudanesischen Schuhen). Es wird in der Hauptsache für färberische Zwecke benutzt. Nach Watt (237) besitzt das Korn von *S. vulgare* mitunter eine ziegelrote Farbe, und das von Harihar wird gebraucht zur Erzeugung von Marokkorot auf Ziegenhaut. Die röhrenförmigen Stengel von *S. saccharatum* Pers. (*Andropogon saccharatum* Roxb., Zuckerrohr) werden in gepreßtem Zustande zur Gärung gebracht und erzeugen eine rote oder rötlich-braune Färbung, die mit verdünntem Alkali ausgezogen werden kann. Die indische, persische, abessinische und ägyptische Form scheint sich von *A. sorghum var. durrha* abzuleiten, aber die Tatsache, daß diese Pflanze in Ägypten so ausgiebig als Nahrungsmittel angebaut wird und der »Shikytan« nur für färberische Zwecke benutzt wird, scheint darauf hinzuweisen, daß das letztere wieder eine besondere Varietät ist.

Der in den Blättern und Stengeln enthaltene rotbraune Farbstoff Durrasantalin $C_{16}H_{12}O_5$ stellt nach Perkin (238) ein leuchtend scharlachrotes Pulver von schlecht definierbarer Kristallstruktur dar. Es ist in Alkalien mit rotvioletter Farbe löslich, die durch Oxydation an der Luft in Braun übergeht.

Mit alkoholischem Eisenchlorid entsteht eine braune Färbung.

Durrasantalin färbt gebeizte Baumwolle nicht an; gegen Wolle verhält es sich wie ein substantiver Farbstoff und erzeugt schmutzigrote Töne.

Eine sehr haltbare und etwas vollere Färbung kann durch vorherige Chrombeize erzielt werden. In mancher Beziehung erinnert diese Färbung an das Santalin des roten Sandelholzes, aber es herrscht kein Zweifel, daß diese Substanzen chemisch verschieden sind.

141. Saflor, Safflor, Färberdistel, Carthame, safran bâtard, saf-flower, bastard saffron, ital. gruogo, cartamo, span. azafrán, arabisch zafaran, Wilder Safran, Bastard-Safran besteht aus den getrockneten Blumenblättern der Saflorpflanze, Färberdistel, *Carthamus tinctorius* L. (Komposite), auch Bürstenkraut oder wilder Safran genannt, einer zur Familie der Synantheren (Cynarocephaleen) gehörenden, angeblich in Vorderasien oder Ostindien einheimischen Pflanze, die heute in fast allen Weltteilen angebaut wird und die zweifellos neben Indigo die wichtigste Färbepflanze ist, obgleich auch sie durch die zunehmende Einführung künstlicher organischer Farbstoffe immer mehr an Bedeutung verloren hat.

Die getrockneten Blüten (*Flores Carthami*, Droge) werden heute nur noch für Malerfarbe und Schminke verwandt. Aus den Samen (»Indische Sonnenblumensaat«) wird Safloröl, Speiseöl gewonnen, indem man die Früchte (Saflorkerne) auspreßt. Dieses Öl wird auch technisch als Brennöl benutzt und findet nach Harz (239) auch Verwendung zur Seifenfabrikation.

Die Heimat der Saflorpflanze, von den Abessiniern Ssuff (Schuf), von den Arabern Gurdum und Asfar genannt, ist nicht sicher ermittelt [O. Hoffmann (240), Hehn (241)], doch kann mit größter Wahrscheinlichkeit Ostindien, wenn auch nicht ausschließlich, als Urheimat angesehen werden. Semler (242) hält sie möglicherweise für eine vorderasiatische Steppenpflanze. Die Angabe, daß Saflor aus Ägypten stammt, ist nach Wiesner darauf zurückzuführen, daß er dort seit alters her gebaut und nach Europa ausgeführt wird, während ostindische Ware erst Ende des 18. Jahrhunderts nach Europa (England) gebracht wurde [vgl. Bancroft (243)]. Nach neueren Forschungen in Pharaonengräbern wurde Saflor sicher schon vor mehr als 4000 Jahren in Ägypten angebaut [Schweinfurth (244)]. Die Saflorkultur ist derzeit weit verbreitet, doch sind für den Welthandel nur Indien, Bengalen, Persien und Ägypten als Produktionsländer erwähnenswert. Von anderen Gebieten, die Saflorbau betreiben,

sind noch China, Japan, Süd- und Mittelamerika (Mexiko), Kolumbien und Australien (Neu-Südwales) zu nennen. In Europa wird Saflor vorzugsweise in Spanien, Italien (Romagna), Frankreich, Ungarn (bei Debreczin), Rußland (Astrachan, Kaukasusländer) und in einigen Gegenden Deutschlands angebaut. Daß auch, wie oft angegeben wird, in der Umgebung von Wien Saflorkultur betrieben wird, ist nur insofern richtig, als er hin und wieder in Gärten gebaut wird. [Siehe G. Beck (245).] In Deutschland, wo man im 17. Jahrhundert, und zwar namentlich im Elsaß und in Thüringen, so viel Saflor baute, daß damit eine beträchtliche Ausfuhr nach England betrieben werden konnte, wird gegenwärtig nur wenig von diesem Farbmaterial erzeugt. Im 18. Jahrhundert konnte der deutsche Saflorbau nicht mehr gedeihen, da der levantinische Handel viel und billigen Saflor nach Europa brachte.

Die Verfälschungen, denen das deutsche Produkt, um es möglichst billig zu machen, damals unterlag, und denen man durch gesetzliche Bestimmungen vergebens Einhalt zu tun strebte, brachten die deutsche Ware in Verruf und beschleunigten den Verfall des deutschen Saflorbaues [Beckmann (246)]. Den späteren Bemühungen des um Landwirtschaft und Industrie hochverdienten Hermbstädt gelang es allerdings, die Kultur dieser Farbpflanze in Deutschland wieder etwas zu heben. Gegenwärtig wird in Thüringen und in der Pfalz Saflor gebaut. Die erzeugte Menge ist jedoch in keinem der europäischen Länder beträchtlich.

Der Saflor ist eine einjährige Pflanze. In der Kultur hält man ihn manchmal für zweijährig. Die Pflanze wird 1 m, mitunter 1,3 m hoch. Es existieren mehrere Kulturvarietäten des Saflors, wie schon die Verschiedenartigkeit in den Dimensionen der Blumenblätter ergibt; es ist bekannt, daß in Ägypten eine schmalblättrige Varietät (*Carthamus tinctorius angustifolius*) angebaut wird. In Thüringen unterschied man früher eine großblättrige, stachlige Form, der man den Namen »Mönch« gab, und eine kleinblättrige, schwachbewehrte Form, »Nonne« genannt. Für die Nachzucht wählte man die erstere aus, da sie weitaus blütenreicher ist [Beckmann (247)]. Auch in Bengalen kultiviert man eine stachlige und eine stachellose Form, welch letztere das geschätztere Farbmaterial liefert [Watt (248)].

Die Blüte des Saflors ist zwitterhaft. Fünf Staubfäden, deren gelbe Antheren zu einer Röhre verwachsen sind, umgeben den an seinem oberen Ende verdickten zweinarbigen Griffel.

Die Pflanze hat einen einfachen, aufrechtstehenden, harten Stamm, der sich oben in mehrere Äste teilt, an denen steife, gezahnte, eiförmige Blätter sitzen. Die Blume entwickelt sich im Juli oder August am äußersten Ende der Stengel; sie hat im allgemeinen Ähnlichkeit mit den Blüten der Disteln.

Das Einsammeln der gelben, orangefarbenen oder roten, röhrenförmigen, auf einem fleischigen, gewölbten, mit Spreublättern besetzten Blumenboden dichtstehenden Blüten erfolgt zur Reifezeit bei voller Entfaltung oder bei beginnendem Welken durch Ausrupfen und sofortiges Trocknen im Schatten. Man kann auch zuerst mit Wasser kneten und kleine, platte Ballen formen oder endlich, wie es in Ägypten geschieht, in Wasser einweichen, kneten, abpressen, trocknen und verpacken. Bei dem letzteren Verfahren verliert der Saflor einen gelben wertlosen Farbstoff, und sein Gewicht vermindert sich beträchtlich.

Beginn und Dauer der Ernte ist natürlich nach den klimatischen Verhältnissen verschieden. So währt die Ernteperiode in Bengalen nach Watt (249) in günstigen Jahren vom Februar bis Ende Mai, während sie in unseren Gegenden im Juli bis September stattfindet.

Die ersten und die letzten Blüten jeder Ernteperiode sind nach Semler (250) verhältnismäßig ärmer an Farbstoff. Das Trocknen des Saflors erfolgt entweder unter leichter Pressung bei schwacher Wärme im Ofen oder im Schatten, da Sonnenlicht erfahrungsgemäß einen Teil des wertvollen roten Farbstoffes zerstört. Im ersteren Falle werden durch verstärkte Pressung linsenförmige Kuchen von etwa 4 cm Durchmesser geformt. Bei der zweiten Methode geht dem endgültigen Trocknungsprozeß das »Waschen« voraus, wodurch der gelbe Farbstoff der Blüten

entfernt wird (s. u.). Das Auswaschen wird in verschiedener Weise geübt. In Ägypten werden die Blüten zwischen Mühlsteinen zerdrückt, so daß der Saft abläuft, und hierauf wird der dadurch gebildete Brei mit Brunnenwasser ausgewaschen. Die oft wiederholte Angabe, daß das Auswaschen in Ägypten mit Salzwasser erfolgt, ist nach Wiesner auf eine Stelle bei Beckmann (251) zurückzuführen, worin von Brunnenwasser die Rede ist, »das dort immer salzig ist«.

Die Masse wird mit der Hand ausgedrückt, auf Tücher, Schilfmatten u. dgl. ausgebreitet und im Schatten getrocknet (Wiesner). In anderen Gegenden werden nach Semler (250) (daselbst noch andere ähnliche Methoden der Zubereitung) die trockenen Blüten in Säcke gefüllt und diese in Tröge gebracht, die von fließendem Wasser durchströmt werden. Das Auswaschen wird unter fortwährendem Treten mit bloßen Füßen so lange fortgesetzt, bis das Wasser völlig ungefärbt abfließt. Die feuchte Masse wird hierauf im Schatten getrocknet, nachdem man in der Regel vorher ebenfalls Kuchen daraus geknetet hat.

Je nach der Art der Zubereitung besteht der Saflor des Handels aus zerrissenen Blütenteilen (Saflor aus Ägypten, Bombay) oder aus wohlerhaltenen Blüten (zubereiteter, d. h. gewaschener persischer und bengalischer Saflor).

Die Zubereitung des Saflors hat den Zweck, den gelben, in Wasser leicht löslichen, fast wertlosen Farbstoff der Carthamusblüten zu beseitigen. Unzubereiteter Saflor gibt, mit kaltem Wasser geschüttelt, eine ziemlich intensiv gelb gefärbte Flüssigkeit, während zubereiteter, je nach der Sorgfalt, mit welcher das Auswaschen vorgenommen wurde, gar keinen oder nur eine kleine Menge von gelbem Farbstoff an Wasser abgibt.

Persischer Saflor ist nach Wiesner (252) wohl immer gewaschen, von den übrigen Sorten kommen jedoch gewaschene und ungewaschene in den Handel. So ist z. B. der Saflor aus den Basaren von Bombay, daselbst Kassumbá genannt, ungewaschen, der bengalische hingegen sehr schön zubereitet [Wiesner (253)].

Guter Saflor bildet geschlossene Kuchen von heller Fleischfarbe mit tabakartigem Geruche [Semler (254)]. Als beste Sorte gilt mit Recht der Saflor von Persien, dem sich zunächst der bengalische anreiht. Der gewaschene Saflor von Ägypten soll den gewaschenen ungarischen nicht übertreffen. Die ungewaschenen europäischen Saflorsorten stehen den genannten außereuropäischen ungewaschenen Sorten nach [Bolley (255)].

Zur Unterscheidung einiger käuflichen Saflorsorten können nach Wiesner folgende Merkmale dienen: Ungewaschene Saflore erscheinen im Mikroskop braun oder gelbbraun, gewaschene rot bis rotviolett. Gemahlener Saflor besteht aus zerrissenen Blüten.

Die Breite der Blumenblätter ist bei verschiedenen Sorten ungleich und hängt nicht, wie man vermuten könnte, mit dem Grade der Feinheit zusammen. Ungarischer Saflor gilt als grob, ägyptischer (Alexandriner) als fein, und dennoch stimmen die Werte für die Breite der Blumenblätter dieser beiden Sorten fast genau überein. Wiesner hat für diese Größe, die an in Wasser gelegenen und dann sorgfältig ausgebreiteten Blumenblättern bestimmt wurde, folgende Werte gefunden: Bombay 0,546 mm, Bengal 0,550 mm, Alexandrien 0,756 mm und Ungarn 0,760 mm mittlere Breite der Blumenblätter.

Es werden gewöhnlich zwei Ernten gemacht, das Ergebnis der ersten wird höher geschätzt. Der Abstammung nach unterscheidet man folgende Handelssorten:

1. Persischer Saflor, von dunkelroter Farbe, wird als der beste angesehen.

2. Ägyptischer oder alexandrinischer (auch levantinischer oder türkischer genannt) steht in seinen besseren Qualitäten dem persischen nicht nach, ist feuriger rot als die europäischen Sorten, fühlt sich etwas feucht an, was wahrscheinlich von der Darstellungsart herrührt, kommt in kleine Ballen geformt vor. Er wird hauptsächlich in der Gegend von Kairo angebaut und kommt von Alexandrien über Livorno, Triest, Venedig und Marseille,

in blaue Leinwand eingeschlagen und in aus Rohr geflochtene Kästen verpackt, in den Handel. Das Ganze ist in grobes Packtuch eingehüllt und mit einem Baumrindenstück umwunden. Solche Ballen wiegen 300—350 kg.

Es sind ferner noch folgende Marken bekannt:

3. Ostindischer oder bengalischer, Bengal-Saflor den beiden vorigen etwas nachstehend; ferner Bombay-Saflor.

4. Südamerikanischer, aus Venezuela, auch aus Mexiko, kommt nicht in großen Massen vor, wird dem ägyptischen fast gleichgesetzt.

5. Spanischer (Andalusien, Valencia, Granada), eine ebenfalls sehr gute, aber nicht immer gut gereinigte, im europäischen Handel nicht viel vorkommende, weil meist im Lande selbst verbrauchte Sorte.

6. Ungarischer (beste Sorte von Debreczin), sehr geschätzt, besonders die sogenannte veredelte, d. h. gewaschene.

7. Italienischer (Romagna), selten im Handel, etwas minder gut als ostindischer.

8. Russischer (Astrachan, Kaukasus) aus dem Süden des europäischen Rußlands, wenig ausgeführt.

9. Deutscher (hauptsächlich aus Thüringen, weniger aus der Pfalz), eine etwas farbstoffärmere, nicht immer gut gereinigte, etwas trocken anzufühlende Sorte.

10. Französischer Saflor.

11. China, Japan und Australien.

12. Mexiko, Mittel- und Südamerika, besonders Kolumbia.

Die Güte des Saflors wird an folgenden Eigenschaften erkannt: er soll frei sein von Kelch- und Spreublättern und anderen fremden Teilen, sich mild, etwas feucht anfühlen, geballt und feinfaserig sein, starken Geruch und dunkelfeuerrote Farbe haben.

Chemische Beschaffenheit des Saflors. Vgl. A. Schlieper (256), Salvétat (257), Matin (258).

Nach Salvétat hat ungewaschener Saflor beiläufig folgende chemische Zusammensetzung:

Wasser bei 20° entweichend	4,5—11,5 %
Gelben Farbstoff, in Wasser löslich und lösliche Salze (Saflorgelb)	20,0—30,0 %
Gelber, in Alkalien löslicher Farbstoff, in Wasser unlöslich	2,1—6,1 %
Karthamin (rotes Pigment), Saflorrot	0,3—0,6 %
Eiweiß	1,7—8,0 %
Wachsartige Substanz	0,6—1,5 %
Extraktivstoffe	3,6—6,5 %
Zellulose	38,4—50,4 %
Asche im Mittel etwa	3 %

Der Saflor enthält drei Farbstoffe, von denen bis jetzt noch keiner in kristallisiertem Zustande erhalten worden ist: Das rote Karthamin, in Wasser schwer löslich, Saflorgelb, in Wasser leicht löslich, und außerdem ein nur in Alkalilauge löslicher gelber Farbstoff.

Der gelbe Farbstoff ist zwar in weit größerer Menge im Saflor vorhanden als der rote, dennoch kommt für die Färberei nur das Karthamin in Betracht; die gelben Produkte haben für die Praxis kein Interesse.

Der gelbe in Wasser lösliche Farbstoff Saflorgelb, $C_{24}H_{30}O_{15}$, wurde von Salvétat und Schlieper untersucht. Die wässrigen Saflorauszüge werden mit Essigsäure angesäuert und mit Bleiazetat versetzt, wodurch Gummi, Eiweißsubstanzen u. dgl. als weiße, flockige Bleiverbindungen sich ausscheiden. Im Filtrate fällt man den Bleilack des Saflorgelbs durch Neutralisieren mit Ammoniak aus und zerlegt ihn mit verdünnter Schwefelsäure. Aus dem Filtrate vom Bleisulfat entfernt man die überschüssige Säure mit Bariumazetat, dampft bis zur Sirupkonsistenz ein, extrahiert mit Alkohol und entzieht nach dem Verdunsten des Alkohols im Vakuum dem Extrakte durch Wasser das reine Saflorgelb. Die Lösung dieses Körpers in Wasser reagiert sauer, schmeckt bitter, riecht eigentümlich und färbt stark, aber nicht dauernd, da sich an der Luft schnell Zersetzung einstellt.

Beim Waschen des Saflors wird das Saflorgelb preisgegeben. In neuerer Zeit macht man bisweilen das Saflorgelb inso-

fern nutzbar, als man ungewaschenen Saflor zum Gelbfärben von Likören verwendet.

Der in Wasser unlösliche, in Alkalilauge lösliche Farbstoff ist ohne Bedeutung.

Der wertvollste Bestandteil des Saflors ist das Saflorrot (rouge végétale), spanisch Rot oder das Karthamin. Dieser Körper bildet nach Schlieper ein tief rötlichbraunes, amorphes, grünlich schillerndes Pulver. In Wasser, Äther und ätherischen Ölen ist er unlöslich, in Weingeist leicht löslich und gibt eine schön purpurn gefärbte Flüssigkeit. Die Zusammensetzung entspricht nach neueren Angaben [Kametaka und A. G. Perkin (259)] der Formel $C_{25}H_{24}O_{12}$.

Zur Gewinnung des Karthamins wird Saflor durch längeres Waschen mit Wasser so weit wie möglich vom gelben Farbstoff befreit, dann mit verdünnter Sodalösung behandelt und ausgepreßt. Die alkalische Flüssigkeit enthält neben Karthamin noch eine große Menge fremder Bestandteile, die beim Ansäuern mit ausfallen würden. Man bringt daher in die klare Sodalösung Streifen von Baumwolle, auf der sich beim Ansäuern mit Essig- oder Zitronensäure das Karthamin dunkelrot niederschlägt. Nach dem Waschen des Zeuges mit verdünnter Säure zieht man den ganzen Farbstoff mit Soda wieder ab, fällt mit Säuren, extrahiert den Filterrückstand mit Alkohol und fraktioniert im Vakuum; das so hergestellte Karthamin (Karthaminsäure) bildet dunkelrote, grünschillernde Krusten oder ein körniges, schwarzgrünes Pulver.

Bequemer geht man von einem Handelsprodukt aus, extrahiert dieses mit Pyridin und scheidet durch Zusatz von Wasser den Farbstoff aus der Lösung in Kristallen ab, die man mit Äther und Chloroform von Wachs befreit. Es kristallisiert mit Pyridin (Schmelzpunkt 228—230°) und nimmt an der Luft 2 Mol. Kristallwasser auf; es ist schwer löslich in Wasser und Äther, leichter in Alkohol, sehr leicht in kaustischen und kohlensauren Alkalien sowie in Ammoniak. Die tief gelbrote alkalische Lösung zersetzt sich beim Stehen, rascher beim Erhitzen, indem sie hellgelb wird. Der Farbstoff hat nur sehr wenig ausgeprägten sauren Charakter.

Die ammoniakalische Lösung gibt mit Bleizucker einen dunkelrotbraunen, mit Eisenchlorid einen braunroten, mit Zinnchlorür einen gelbbraunen und mit Quecksilberchlorid einen roten Niederschlag. Kupfersulfat erzeugt eine fast schwarze Fällung.

Das lösliche Saflorgelb kann als Bleilack gefällt werden.

Das Saflorgelb kommt, im Zellsaft aufgelöst, in den Geweben des Saflors vor. Der in Alkalien lösliche gelbe Farbstoff tritt in Form von Körnern auf. Das Karthamin färbt in der Handelsware die Protoplasmareste der Zellen und die Zellwände, wie die Betrachtung von gewaschenem Saflor lehrt.

Saflor und karthaminhaltige Farbstoffextrakte wurden früher, wenngleich wenig haltbar, zum Färben, besonders von Seide (Lyon), jetzt nur noch zur Darstellung von Malerfarbe und Schminke benutzt.

Durch Zusatz verschiedener Substanzen (Alaun, Kali usw.) wurden verschiedene rote Farbennuancen erzielt.

Die mit Saflor hergestellten lebhaften Färbungen sind sehr unecht, schon kleine Mengen Soda entfärben den Stoff vollständig, ebenso Chlor und schweflige Säure, auch Licht bleicht sie bald.

Technische Präparate (Handelspräparate) aus Saflor:

Es kamen früher gewisse Saflorpräparate (Saflorkarmine) in den Handel, die teils in der Färberei, teils für sehr feine Schminken und Malerfarben Verwendung fanden, zu letzteren Zwecken werden sie auch heute noch gebraucht.

Am wichtigsten ist das Saflorkarmin, eine dickflüssige kirschrote Brühe von Karthamin, die namentlich von den Seidenfärbern für ein blasses Kirschrot gebraucht wurde. Sie wurde im wesentlichen nach der Vorschrift von Schlieper gewonnen; der schließlich erhaltene Niederschlag wurde durch Auswaschen von Salzen befreit; auch hier wird der Farbstoff durch Niederschlagen auf Baumwolle gewonnen.

Das sogenannte vegetabilische Rot (Rouge végétal), das auch unter dem Namen spanisches, portugiesisches Rot, oder, je nach der Unter-

lage, auf die es gestrichen war, als Tassenrot, Tellerrot (Rouge en tasses, en assiettes) oder rouge en feuilles, wenn es auf Kartenblätter gestrichen, oder rouge en écailles, wenn es Schuppengestalt besaß, im Handel vorkam und das mit Talkpulver gemengt, unter dem Namen Fard de la Chine als Schminke dient, ist nichts anderes als ein unvollkommen gereinigtes, eingetrocknetes Karthamin.

Diese Präparate werden sämtlich in ganz ähnlicher Weise bereitet, wie oben für das Karthamin angegeben ist.

Der Saflor fand vor der Entdeckung der künstlichen roten Farbstoffe eine recht ausgedehnte Anwendung in der Baumwoll- und Seidenfärberei zur Erzeugung von Rosarot bis Kirschrot.

Er färbt in schwach saurem Bade Baumwolle und Seide direkt ohne Beizen an.

Die mit ihm erzeugten Färbungen sind lebhaft aber völlig unecht gegen Seife, Alkali, Chlor und schweflige Säure und wenig widerstandsfähig gegen Licht und Luft, deshalb ist der Farbstoff von den synthetischen organischen Farbstoffen fast völlig verdrängt worden. Er dient jetzt aber noch zum Färben von Schminke, künstlichen Blumen, Likören und Konfekt sowie zur Herstellung feiner Räucherwaren.

Beim Kochen mit alkoholischem Anilin, β-Naphthylamin bzw. ψ-Kumidin, entstehen gelbe bis orangerote Verbindungen, die gut kristallisieren, den Schmelzpunkt 276 bis 278° (gelbe Nadeln), 266—268° (orange Blättchen) und 290° (orange Blättchen) besitzen und als Salze der mit Karthamin isomeren Xantho-Karthaminsäure anzusprechen sind.

142. Coprosma. Die Rinde und hauptsächlich die Wurzeln von *Coprosma grandiflora, C. linariifolia* und *C. arceolata,* die zur Familie der Rubiaceen (Unterfamilie Coffeoideae) gehören, und in Neu-Seeland weit verbreitet sind, besitzen nach Aston (260) färbende Eigenschaften und stehen in gewisser Beziehung zum Krapp; wahrscheinlich enthalten sie Alizarin selbst oder einen verwandten Farbstoff.

Ein alkoholischer Extrakt von *C. grandiflora* wird durch Alkali purpurrot gefärbt, mit Säure gelb. Aus der sauren Lösung kann mit Äther eine kleine Menge einer orangegelben kristallinischen Substanz isoliert werden.

143. Kamala, Kamela. Die Kamala ist eine in ganz Ostindien (Vorder- und Hinterindien) sowie in Südchina zum Färben von Seide, ferner auch als Bandwurmmittel benutzte, wohl schon im indischen Altertum bekannte Droge (*glandulae Rottlerae*), die in Indien einen wichtigen Handelsartikel bildet. Sie stammt von der Euphorbiacee *Rottlera tinctoria* Roxb. oder *Mallotus philippinensis* (Lam.) Müll.-Arg. aus der Familie der Rotaceen. Der immergrüne Baum ist in Vorderasien bis zum südöstlichen China (Südarabien, Ostindien, malaiischer Archipel, Philippinen und Ostchina), in Neu-Guinea, im Norden und Osten von Australien, sowie in Abessinien heimisch. Zur Gewinnung der Droge, die aus den sternförmigen Haaren und Drüsen der bohnengroßen Frucht und der Unterseite der Blätter besteht, schüttelt man die Früchte in Körben, sodaß die Drüsen auf untergelegte Tücher durchfallen oder man bürstet Haare und Drüsen ab. Man erhält so ein ziegelrotes, sandiges Pulver, die Kamala, die in frischem Zustande angenehm aromatisch riecht; sie wird von kaltem Wasser nur schwierig benetzt und ist auch in kochendem Wasser fast unlöslich.

Nach Andersen (261) enthält Kamala bis etwa 80% rotgelbe Harze, etwa 7,3% eiweißartige Substanzen, etwa 7,1% Zellulose, 3,8 % Asche, 3,5 % Wasser und etwas flüchtiges Öl.

Nach Perkin wird die Droge oft verfälscht, und aus drei Handelssorten erhielt er im Durchschnitt 52,5% Asche (Sand und rote, eisenhaltige Erde) und 26,1% Harze und Farbstoff; aus zwei anderen Proben 46,4% und 56,4% Farbstoff usw.

Der Mineralstoffgehalt (Eisenoxyd, Kalk, Manganoxyduloxyd u. a.) ist durch Verunreinigung und Fälschung sehr schwankend; in reiner Kamala nicht über 1,5%, in guten Handelssorten 5—8%, in schlechten, unreinen bis 34,4% (36% der Trockensubstanz) und mehr, 49,5% allein an Sand.

Der wichtigste Bestandteil der Kamala ist Rottlerin (Mallotoxin, Kamalin), $C_{33}H_{30}O_9$, ein Farbstoff, der aus Benzol, Toluol oder Chloroform in hellgelben prismatischen Säulen oder lachsfarbigen Nadeln vom Schmelzpunkt 203 bis 204° kristallisiert und wahrscheinlich ein Phlorogluzinderivat ist.

Man erhält ihn nach A. G. Perkin (262) durch Extraktion der Droge mit der sechsfachen Menge Schwefelkohlenstoff oder nach Anderson und Telle durch Extraktion mit Äther, bis dieser fast farblos abläuft, und zwei- bis dreimaliges Auskochen mit Benzol.

Rottlerin ist sehr leicht in Äther löslich, aber nur wenig in Schwefelkohlenstoff oder Eisessig. Kalte konzentrierte Schwefelsäure löst Rottlerin mit orangeroter Farbe, Wasser fällt eine gelatinöse Substanz. Das Natriumsalz $C_{33}H_{29}O_9Na + H_2O$ (bei 110°), goldglänzende, orangebraune Blättchen, in Äther und Alkohol leicht löslich, in kaltem Wasser unlöslich, beim Kochen löst es sich unter Zersetzung.

Isorottlerin, $C_{12}H_{12}O_5$ (?), lachsfarbene Tafeln vom Schmelzpunkt 198 bis 199°, unterscheidet sich von Rottlerin durch seine ganz geringe Löslichkeit in Benzol, Toluol, Chloroform und Eisessig, seine geringe Löslichkeit in Äther und Cymol.

Isorottlerin wird gewonnen, indem man den Rückstand von der Schwefelkohlenstoff-Extraktion der Kamala mit Äther mehrmals auszieht, eindunstet und mit Chloroform fällt. Man erhält eine kleine Menge eines gelben Harzes; aus dem Filtrat erhält man durch Einengen eine rötlich-sandige Masse, die aus Äther-Chloroform umkristallisiert wird.

Isorottlerin löst sich in Ätzalkalien schon in der Kälte, in Karbonaten beim Erwärmen zu einer orangeroten Flüssigkeit, beim Kochen scheint es nicht zersetzt zu werden wie Rottlerin. Eisenchlorid färbt eine alkoholische Lösung von Isorottlerin schwarzbraun.

Nach Perkin ist diese Verbindung vielleicht Oxyrottlerin.

Homorottlerin, $C_{33}H_{36}O_9$(?), gelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 192—193°. Das zuerst aus der Kamala mit Schwefelkohlenstoff erhaltene rohe Rottlerin war mit einer gelben Substanz verunreinigt, die in Toluol sehr schwer löslich ist und dadurch vom Rottlerin getrennt werden konnte. Ist nur in sehr geringer Menge in der Kamala enthalten und gleicht in seinem Verhalten sehr dem Rottlerin, ausgenommen, daß es schwerer in Toluol, Chloroform und Eisessig löslich ist. Der Analyse nach stellt das Homorottlerin ein Reduktionsprodukt des Rottlerins dar.

Bei der Extraktion der Kamala mit Schwefelkohlenstoff wurde auch ein Wachs $C_{24}H_{54}O_2$, Schmelzpunkt bei 82°, (vielleicht unreiner Cerotinsäure-Cetylester) und ein dunkelrotes Harz $C_{12}H_{12}O_3$ (?) oder $C_{30}H_{30}O_7$ vom Schmelzpunkt 110° gewonnen. Letzteres ist leicht löslich in Schwefelkohlenstoff, Äther und Chloroform, mäßig in Eisessig und wenig löslich in Methylalkohol. Gegen Alkalien und Alkalikarbonate verhält es sich wie Rottlerin. Es ist vielleicht Methylrottlerin.

Aus der Mutterlauge von der Darstellung des Isorottlerins konnte ferner noch ein gelbes Harz von der Zusammensetzung $C_{13}H_{12}O_4$ erhalten werden, das bei 150° schmilzt. Es ist gegen Alkalien noch empfindlicher als Rottlerin.

Perkin hat in der Kamala auch noch die Anwesenheit einer kleinen Menge eines Zuckers nachgewiesen, der vielleicht als Glukosid darin enthalten ist.

Als Farbstoff wird Kamala nur zum Färben von Seide gebraucht, die sich damit ohne Anwendung von Beizen schön und dauerhaft feurig orange färbt, und zwar in einem mittels Soda bereiteten Auszuge. Nach Perkin dürften hierbei die Zersetzungsprodukte des Rottlerins mit Soda, vor allem das Rottleron, $C_{29}H_{26}O_6$, fixiert werden.

Mit einer wässrig-alkoholischen Lösung von Rottlerin erzielte Perkin auf gebeizter Baumwolle folgende Töne: auf Eisenbeize: Braunschwarz, auf Tonerde: blasses Orangerot, auf Eisen-Tonerde-Mischung: braunes Orange.

144. Waras, Wurus, Wars, neue Kamala, falscher Safran. Der Farbstoff Waras ist ein rotes, harziges Pulver, das aus den Samenhülsen der *Fle-*

mingia congesta Roxb. (Leguminosae, Unterfam. Papilionatae), einer strauchartigen Pflanze, besteht, die in Wäldern und Dickichten in den wärmeren Teilen Indiens wächst. Auch in Afrika findet sie sich; sie wird in der Gegend von Harrar gesammelt und von dort nach Arabien, besonders nach Yemen und Hadhramaut verschickt. Sie wird wie Kamala technisch für die Färberei benutzt, findet aber auch als Kosmetikum und als spezifisches Mittel gegen Erkältungen Verwendung.

Derselbe Farbstoff ist nach Wehmer (263) in *Flemingia Grahamiana* W. et A. enthalten, sowie nach Wiesner (264) in *Moghania rhodocarpa* (Bak.) O. Ktze. (= *Flemingia rhodocarpa* Baker), Ostafrika, deren rote Drüsen, die die Hülsen bedecken, seit alter Zeit wie die Kamala verwandt werden [Flückiger (265)]; ferner in *Moghania congesta* (Roxb.) O. Ktze. vom Himalaja durch Südasien bis zu den Philippinen. Soll nach Flückiger ebenfalls Waras liefern, was aber nach Taubert nicht erwiesen ist. Dagegen fand A. G. Perkin (266), daß die Drüsen von *M. congesta* sich genau so verhalten wie die von *M. rhod.* Schon Niebuhr fand 1763 Waras als Farbstoff verwandt.

In chemischer und färberischer Beziehung hat Waras viel Ähnlichkeit mit der Kamala. Der Hauptbestandteil ist Flemingin $C_{12}H_{12}O_3$, ein orangerotes, kristallinisches Pulver vom Schmelzpunkt 171—172°. Es ist wenig löslich in Toluol und Chloroform, fast unlöslich in Schwefelkohlenstoff, leicht löslich, im Gegensatz zu Rottlerin (Kamala), in kaltem Alkohol und in Essigsäure. Alkalien nehmen es in der Kälte mit tief orangeroter Farbe auf. In Soda löst es sich beim Erwärmen; eine solche Lösung färbt Seide goldgelb, wie Rottlerin, das Färbevermögen des Flemingins ist aber bedeutend stärker. Die alkoholische Lösung des Flemingins wird durch Eisenchlorid braunschwarz gefärbt.

Außer Flemingin besitzt Waras eine sehr kleine Menge eines gelben Farbstoffes: Homoflemingin, zusammen mit einer kleinen Menge zweier harziger Substanzen: $C_{12}H_{12}O_3$ (?), Schmelzpunkt 162—167°, und $C_{13}H_{14}O_3$ (?), Schmelzpunkt unter 100°.

Homoflemingin kristallisiert aus Toluol in feinen gelben Nadeln vom Schmelzpunkt 165—166° und hat anscheinend die gleiche Zusammensetzung wie Flemingin. Das Verhalten gegen Alkalien ist wie bei Flemingin; die Lösung in Alkalien und Karbonaten ist orangerot, in Alkohol, worin es sich leicht löst, gibt Eisenchlorid eine schwarzbraune Färbung.

Die Schwefelkohlenstoffextraktionsflüssigkeit setzt nach dem Erkalten zuerst noch etwas Flemingin ab, aus dem Filtrat gewinnt man beim Verdunsten ein Produkt, das aus einem Harz von niedrigem Schmelzpunkt und einem Wachs besteht.

Man löst in Alkali, entzieht der Lösung mit Äther das Wachs und fällt mit Säuren das Harz aus.

Es ist eine durchsichtige, spröde, tief braunrote Masse, schmilzt unter 100°, ist leicht löslich in Äther, Alkohol und Chloroform, wenig in Schwefelkohlenstoff. Es löst sich in Alkalien mit braunroter Farbe.

Färberische Eigenschaften des Waras: Waras wird zum Färben von Seide, ebenso wie Kamala, das heißt mit kochender Sodalösung, angewandt. Es werden damit goldgelbe Töne erzielt, doch sind sie etwas dunkler, mehr orange, als die mit Kamala (Rottlerin) erhaltenen, vor allem ist das Färbevermögen des Waras bedeutend größer. Für Wolle ist es weniger geeignet, für Baumwolle ganz wertlos.

Gibt man zur kochenden Lösung die gleiche Menge Soda, so färbt Waras Seide in goldgelben Tönen, die durch Spülen mit Essigsäure leuchtender gemacht werden können.

Waras wurde in England zuerst von Aden aus als Ersatz für Kamala eingeführt, dessen Farbkraft geringer ist.

Verfälschungen werden durch das Mikroskop erkannt.

145. Safran, engl. saffron, franz. safran, ital. zafferano, arab. zafaran, azafran.

Unter Safran versteht man die getrockneten Blütennarben der Safranpflanze *Crocus sativus* L. var. *autumnalis* L. (*Crocus officinalis* Pers.) Familie Irida-

ceae (Crocoideae). Die Pflanze, die im Gegensatz zu der bekannten Frühlingsblume *Crocus vernus* All., erst spät, d. h. im September und Oktober blüht, ist im Orient heimisch, wahrscheinlich in den Bergländern südlich vom Kaspischen und Schwarzen Meer. Nach Heldreich (267) kommt *Crocus sativus* wild in Griechenland (Attika) und auf den Inseln Syros und Tenos vor. Von diesen Inseln soll auch Safran in den Handel kommen. Nach neueren Angaben von Engler [bei Hehn (268)] findet sich die genannte Art wildwachsend auf den Bergen von Smyrna, auf Kreta, den Zykladen und um Athen, in einer anderen Varietät auch in Taurien, Thrazien und Dalmatien.

Aus den Untersuchungen von Chappellier (1873) und insbesondere von Maw (1886) geht jedoch hervor, daß keine der wildwachsenden Formen mit dem Safrankrokus völlig identisch ist, dieser vielmehr eine durch Zucht (Bastardierung ?) erzielte Kulturvarietät darstellt, die sich von ihren wildwachsenden Verwandten unter anderem durch große Formbeständigkeit und Sterilität (außer bei Befruchtung mit fremden Pollen) auszeichnet. Die Vermehrung erfolgt daher ausschließlich vegetativ durch die Knollen. Nach W. R. Lawrence (269) wird in Kaschmir Safran aus Samen gezogen; vielleicht handelt es sich hier um eine andere Spezies. Der »russische« Safran, der in der Umgebung von Elisabethpol, Tiflis, Derbend, Baku am Kaspischen Meer und in Nordpersien kultiviert und im Inlande verbraucht wird, stammt nach Tichomirow (270) teils von der obengenannten Art, teils von *C. sativus β-Pallasii* Maw (= *C. Pallasii* Marsch. Bieb.), der ein vollkommen ebenbürtiges Produkt liefert, während die Narben des gleichfalls im Krim-Kaukasus-Gebiete wildwachsenden *C. speciosus* Marsch. Bieb. als minderwertig zu bezeichnen sind. Die gleichfalls Crocin führenden Narben von *C. variegatus* Hopp. und *C. reticulatus* Stev. sollen gelegentlich als Ersatz oder zur Fälschung von echtem Safran Verwendung finden. [Wehmer (271). Vgl. a. Dragendorff (272).]

Für den europäischen Markt ist der spanische Safran von größter Bedeutung. Es sei hierbei darauf hingewiesen, daß die häufig gebrauchten Bezeichnungen *Crocus hispanicus, gallicus, austriacus, orientalis* usw. nur das Produktionsgebiet, nicht aber eine Varietät der Pflanze bedeuten. Das Zentrum des Safranhandels ist Valencia. Die jährliche Ausfuhr beträgt nach Semler (273) etwa 45 000 kg. Besonders geschätzt wird die in geringer Menge produzierte französische Ware (aus Gâtinais), doch ist im Handel unter der Bezeichnung »französischer Safran« auch vielfach spanische Ware anzutreffen. In beiden Sorten haften den rotbraunen Narben häufig noch die helleren Griffelenden an. Der italienische Safran ist durch eine hellere Farbe ausgezeichnet. Des besten Rufes erfreute sich schon seit dem Mittelalter der niederösterreichische Safran, der aber derzeit nur noch in verschwindender Menge produziert wird und so gut wie keine kommerzielle Bedeutung besitzt. Der völlige Niedergang der österreichischen Safrankultur ist hauptsächlich auf die ausländische Konkurrenz zurückzuführen. Während nach Kronfeld im Jahre 1776 auf dem Sämereimarkt zu Krems etwa 4480,5 kg zum Verkauf kamen, wurden 1877 nur noch 35 kg geerntet. Im Jahre 1873 wurde Safranbau noch in Meissau, Oberravelsbach, Parisdorf, Münichhofen, Dürrbach, Wartberg und Kirchberg am Wagram betrieben [Wiesner (274)]. Nach dem statistischen Jahrbuch des k.k. Ackerbauministeriums (1899) betrug die Anbaufläche im Jahre 1899 bloß noch 2 ha, die einen Gesamtertrag von 8,4 kg lieferten. In Ungarn, wo in früheren Jahrhunderten gleichfalls Safran gebaut wurde, ist die Kultur heute gleichfalls erloschen. Der niederösterreichische Safran ist einfarbig, rotbraun, da die Griffelenden sorgfältig entfernt werden. Weniger geschätzt wird der englische (Essex, Cambridge) und türkische (orientalische) Safran, der die geringste und unreinste Sorte darstellt. Er enthält neben Narben und Griffelfragmenten noch Teile von Staubfäden und Perigonblättern und stammt nach A. Vogl vielleicht vom *C. vernus* All. ab.

Gegenwärtig sind nur zwei Handelssorten von Bedeutung, der südfranzösische oder Gâtinais-Safran

(Arrondissement Pithiviers, im sogenannten Gâtinais), am meisten geschätzt, und spanischer (Valencia, Alicante), weniger wertvoll. Frankreich erzeugt jährlich etwa 3000 kg; auf 1 kg sind 70 bis 80 000 Blüten zu rechnen.

Andere Handelssorten sind italienischer, türkischer, persischer, englischer (Cambridge, Essex), pennsylvanischer, marokkanischer, tunesischer und zentralamerikanischer Safran.

Der Safran ist ein braunrotes oder goldgelbes, stark gewürzhaft riechendes Pulver; er dient hauptsächlich als Gewürz für Speisen, während er als Farbstoff immer nur untergeordnete Bedeutung besaß und zum Färben von Geweben nur wenig, mehr aber, wie auch jetzt noch, zum Färben von Lebensmitteln (Käse usw.) gebraucht wurde.

In der Schweiz und in Süddeutschland wird Safran noch zum Färben der Wäsche und zarter Gewebe (Gardinencreme) benutzt.

Er enthält ein gewürzhaft riechendes Öl, das Safranöl (Krokusöl), einen gelben Glukosidfarbstoff Crocin (früher Polychroit) und einen Bitterstoff Picrocrocin (Safranbitter).

Der aus dem Glukosid abzuscheidende Farbstoff, das Crocetin, ist ein Beizenfarbstoff, der mit Zinnsalz gebeizte Baumwolle schmutzig grüngelb anfärbt; bei Zusatz von Ammoniak soll nach Schützenberger eine goldgelbe, gegen Licht und Seifen echte Färbung entstehen.

Da das Einsammeln und Trocknen der Blüten mühsam ist und die Pflanzen auch sehr unter der Pilzplage zu leiden haben, so ist die Kultur in starkem Rückgang begriffen.

Die Gewinnungsweise des Safrans ist äußerst mühevoll. Die Ernte beginnt im September oder Oktober und dauert 2—3 Wochen. Es werden täglich morgens die sich öffnenden Blüten gepflückt, hierauf die Narben entfernt und auf Haarsieben über schwachem Kohlenfeuer oder in der Sonne getrocknet, wobei sie etwa $^4/_5$ ihres Gewichts verlieren. Die Ausbeute ist dabei sehr gering, indem 1 ha etwa 1,5 Millionen Wurzelstöcke produziert, die je 1—2, selten mehr, Blüten treiben und 70—80 000 (nach anderen Angaben sogar 120—350 000) Blüten erforderlich sind, um 1 kg trockenen Safrans zu erhalten.

Die violette Blüte des Safrans führt einen bis 10 cm langen, unten weißlichen, oben gelblichen Griffel, an dem drei sehr charakteristisch gestaltete Narben auftreten. Die Narben (Abb. 19) sind 2,5—3 cm lang, röhrenförmig, unten schmal, am oberen Ende keulenförmig erweitert, daselbst 2—4 mm dick und an der nach innen gekehrten Seite aufgeschlitzt, fettglänzend, braunrot und nur am Grunde blaß orangerot. Der obere Rand der Narbe ist gezähnt. Im lufttrockenen Zustande sind die Narben elastisch und nicht pulverisierbar. Sehr altes Material ist hart und spröde und daher zerbrechlich. Um Safran pulverisieren zu können, wird er bei höherer Temperatur getrocknet.

Abb. 19. Vergr. 2 fach. Krokusnarbe aus der Handelsware.

In der Droge findet man öfters auch die heller gefärbten Griffelreste, die bisweilen noch mit den Narben in Verbindung stehen. Die Griffel kamen früher als solche unter dem Namen »Feminell« in den Handel. Eine größere Beimengung der Griffel gilt als Verfälschung des Safrans. Bisweilen werden auch Verfälschungen z. B. mit Calendula-Blüten (von *Calendula officinalis* L., Ringelblume, Fam. Compositae) als *Flores Calendulae,* als »Feminell« bezeichnet. Der käufliche Safran darf nicht mehr als 10% Griffel enthalten, Handelsmuster enthalten aber oft bis zum Dreifachen.

Der Wassergehalt des Safrans beträgt im Mittel 12,37% (bezogen auf Trockengewicht). Die Narben liefern beim Glühen eine rein weiße Asche. Der Aschengehalt beträgt 4,4—7% (zulässige Grenze 8%) bezogen auf bei 100° getrocknete Ware. Die in Salzsäure unlöslichen Rückstände schwanken zwischen 0,35 bis 1,15 % [Hockauf (275)].

Den wertvollsten Bestandteil des Safrans bildet der gelbe Farbstoff, Safrangelb, der in Wasser leicht, in Alkohol

und namentlich in Äther schwerer löslich ist. Seine Färbekraft ist enorm. Eine wässrige Lösung von 1 : 200 000 ist noch deutlich gefärbt. Der Abdampfungsrückstand nimmt auf Zusatz von Schwefelsäure eine kobaltblaue (in dickeren Schichten dunkelblaue) Farbe an, die sich bald in rotviolett und braun verändert, daher die ältere Bezeichnung Polychroit. Die Blaufärbung an sich ist nicht für den Safranfarbstoff allein charakteristisch; sämtliche Karotine (Karotus, Etiolin usw.), auch synthetisch dargestellte Farbstoffe (z. B. Tropäolin), geben mit konzentrierter Schwefelsäure gleichfalls eine Blaufärbung.

Der wichtigste Bestandteil der Safrannarbe ist der zu den Karotinoiden [im Sinne von Tswett (276)] gehörige gelbe Farbstoff, das Crocetin, welches das Aglykon des Crocins darstellt. Nach den Untersuchungen von F. Decker (277) und A. Verda (278) scheint das Crocetin ($C_{14}H_{10}O_2$) in naher Beziehung zu dem in den Narben auftretenden ätherischen Safranöl zu stehen. Hilger (279) äußerte die Vermutung, daß das Crocetin in der Pflanze in glukosidischer Bindung mit Zucker (Glukose) und ätherischem Öle auftritt. E. Fischer (280) konstatierte bereits, daß der »Safranzucker«, Crocose, wenigstens zum Teil aus Glukose besteht.

Die schon von Vogl beobachteten Kristallaggregate, die bisweilen einen schon makroskopisch sichtbaren weißlichen Anflug auf der Droge bilden, erwiesen sich gleichfalls als eine Zuckerart und sollen einen natürlichen Bestandteil der Safrannarbe bilden [A. Nestler (281)].

Die in den Narben aufgefundenen höheren Fettsäuren haben entgegen einer älteren Anschauung mit dem Farbstoffe nichts zu tun; es sind vor allem Palmitin- und Stearinsäure als Ester nachgewiesen.

Von Mineralbestandteilen sind hervorzuheben Kieselsäure, Kalium und Phosphorsäure.

Durch Destillation der Narben im Kohlensäurestrom erhält man etwa 1% ätherischen Öles von hellgelber Farbe, das sich an der Luft bräunt und dabei eine dickliche Konsistenz annimmt. Sein Geruch ist intensiv safranartig. Als Träger des Aromas ist ein sauerstoffhaltiger Körper ($C_{10}H_{18}O$) anzusehen, was bereits Gildemeister u. Hoffmann (282) (daselbst ausführlicher Literaturnachweis über Safranöl) vermuteten.

Crocin kommt auch sonst im Pflanzenreiche vor. Es wurde von Meyer u. Rochleder (283) in den chinesischen Gelbschoten (*Gardenia grandiflora* Lour. – *Gardenia calyculata* Roxb., einer Rubiacee [Nr. 156]) aufgefunden, und soll auch in *Lyperia crocea* Eckl. = *L. atropurpurea* Benth., einer in Südafrika heimischen Scrophulariacee, vorkommen, deren Blüten bisweilen als Kapsafran (*Flores Manulae*) in den Handel kommen [Jackson (284), Vogl (285)]. Auch in *Tritonia aurea Pappe* (= *Crocosma aurea* Planch.), einer in Südafrika und im tropischen Afrika vorkommenden Iridacee (Ixioidee) [F. Heim (286)] und in *Tritonia crocata* Ker. (*Ixia crocata* L.) soll im Perianth neben ätherischem Öl Crocin vorkommen.

Die Verwendung des Safrans zum Würzen und Färben der Speisen ist bekannt. Seine gewerbliche Anwendung ist jedoch sehr beschränkt.

Zum Färben von Stoffen usw. wird Safran nur bisweilen in der Hausindustrie benutzt. In der Färberei ist er wegen seiner leichten Löslichkeit, die die Haltbarkeit beeinträchtigt, nicht in Verwendung. Er findet jedoch zur Herstellung von Goldfirnissen Anwendung.

Safran enthält: 3—4% $C_{10}H_{18}O$, 5—6% Wachs, Fett, 10—12% Eiweiß, 40—50% stickstoffreie Extraktstoffe, 4—5% Rohfaser, 6—13% Wasser und 4—8% Asche.

Zur Gewinnung des Crocins werden dem Safran zuerst durch Behandeln mit Äther das Safranöl, die Fette, Harze usw., dann durch Digerieren mit kaltem Wasser der Farbstoff entzogen. Die wässrige Lösung wird mit gereinigter Knochenkohle geschüttelt, das Crocin wird dabei vollständig von der Kohle aufgenommen. Die letztere wird gewaschen und darauf mit 90%igem Alkohol ausgekocht.

Nach dem Verdampfen des Alkohols hinterbleibt das Glukosid Crocin als spröde gelblichbraune bis rote Masse.

Der Farbstoff ist leicht löslich in Wasser und verdünntem Alkohol, wenig in absolutem Alkohol, unlöslich in Äther.

Konzentrierte Schwefelsäure gibt zuerst eine tiefblaue Lösung, nach kurzer Zeit aber wird sie violett, kirschrot und schließlich braun.

Bleiazetatlösung, Kalk- und Barytwasser erzeugen bei gewöhnlicher Temperatur in einer wässrigen Crocinlösung keine Fällung, eine solche tritt aber sofort beim Erwärmen ein; das Crocin wird dabei in Zucker (Glukose) und Crocetin gespalten, nebenbei erhält man ein ätherisches Öl. Nach Kayser hat Crocin die Formel $C_{44}H_{70}O_{28}$ (?) und die Hydrolyse verläuft nach der Gleichung:

$$2\,C_{44}H_{70}O_{28} + 7\,H_2O = C_{34}H_{46}O_9 + 9\,C_6H_{12}O_6.$$

Gewinnung des Crocetins. Die Spaltung des Crocins wird durch Erwärmen mit Salzsäure oder Schwefelsäure im Kohlensäurestrom herbeigeführt; das Crocetin scheidet sich in orangefarbenen Flocken ab. Es bildet ein hochrotes Pulver, in Wasser ist es nur spurenweise, in Alkohol und Äther leicht löslich. In Alkalien löst es sich mit orangeroter Farbe, durch Säuren wird es wieder ausgefällt. Aus einer alkoholischen Lösung des Farbstoffes werden durch Bleiazetatlösung, Kalk- und Barytwasser rote Lacke gefällt.

Der Farbstoff bildet schön kristallisierte Alkali- und Ammoniumsalze, die zu seiner Reinigung dienen; er ist in den üblichen organischen Lösungsmitteln nur spurenweise löslich. Das Natriumsalz kristallisiert in Nadeln, das Ammoniumsalz aus verdünntem Alkohol in glänzend roten Nadeln.

Der Bitterstoff des Safrans: Picrocrocin, $C_{38}H_{66}O_{71}$, kristallisiert in farblosen Prismen und ist sehr leicht löslich in Wasser und Alkohol; Schmelzpunkt 75°. Er ist ein Glukosid, dessen Hydrolyse zur Glukose und einem Terpen führt.

Die Safrannarben, namentlich aber das Safranpulver, sind zahllosen Verfälschungen mit anorganischen und organischen Substanzen ausgesetzt. Diese Safranverfälschungen haben eine ausgedehnte Literatur veranlaßt. Die wichtigsten Surrogate und deren Kennzeichen finden sich zusammengestellt von T. F. Hanausek (287). Sie bestehen in der künstlichen Färbung der extrahierten Narben (mit Dinitrokresolkalium, Martiusgelb, Naphtholgelb, Tropäolin usw.), in der Beschwerung der Droge mit Pulver von Baryt, zu dessen Erkennung man nach Ranwez (288) Röntgenstrahlen verwenden kann, Gips, Kreide, die mit Glyzerin, Leim usw. fixiert werden, und endlich in dem mehr oder minder vollständigen Ersatz durch andere oft künstlich gefärbte Pflanzenbestandteile. Unter diesen spielen die Blüten von *Calendula officinalis* L., Ringelblume (Komposite) und *Carthamus tinctorius* L., Safflor, Färberdistel (Komposite) [Nr. 141] die größte Rolle. Außerdem sind als Surrogate noch besonders hervorzuheben die Narben von *Zea* (Mais), Keimlinge von *Vicia*-(Bohnen)-Arten, Wurzeln von *Allium* (Lauch, Knoblauch, Schnittlauch usw.), Grasblätter u. v. a. Getrocknete Fleischfasern und gefärbte Kollodiumfäden wurden auch beobachtet.

Die Droge soll sich weich und elastisch anfühlen, der Geschmack gewürzhaft bitter, nicht salzig oder süßlich sein. Der Gehalt an Griffeln soll nicht mehr als 10 %, an Wasser nicht mehr als 15%, an Rohfaser etwa 5 %, an Asche höchstens 8 % betragen. 1 Teil soll 100 000 Teile Wasser rein und deutlich färben.

146. Grünes Ebenholz, green ebony. Das grüne Ebenholz stammt entweder von *Excoecaria glandulosa* Sw. (Euphorbiacee im tropischen Amerika und Westindien) oder *Jacaranda ovalifolia* R. Br. (Bignoniacee, heimisch im tropischen Südamerika); diese Bäume sind in Jamaika und Westindien heimisch. Ihr Stamm hat etwa 15 cm Durchmesser; das sehr harte Holz hat eine orangegelbe Farbe und färbt, auf frischem Schnitt, die Hände gelb.

Nach Wiesner (289) wird das »grüne Ebenholz«, auch braunes, gelbes Ebenholz, Greenheart-Ebenholz, Bastard-Guajak genannt, von *Tecoma leucoxylon* Mart. (*Bignonia l.* L.) (Fam. Bignoniaceen, Trompeterblume) auf den Antillen, dem südamerikanischen Kontinent und Java geliefert. Nach Wehmer (290) ist die Bezeichnung »Grünes Ebenholz« der Name für Hölzer mehrerer Baumarten und für *T. leucoxylon* Mart. die Bezeichnung Lapacho-, auch Taiguholz [Nr. 7] und für *Nectandra Rodioei* Hook, Bibirubaum (Lauracee in Brasilien und Guayana) die

Bezeichnung Groenhartholz (Greenheartholz) zu reservieren.

Nach den Untersuchungen von Perkin u. Briggs (291) kann es sich nur um die beiden zuerst genannten Bäume handeln. *Tecoma leucoxylon* Mart. scheint bei der Zusammensetzung des Farbstoffes ausgeschlossen.

Das grüne Ebenholz enthält in kleiner Menge zwei kristallisierte Farbstoffe: Excoecarin $C_{13}H_{12}O_5$ und Jacarandin $C_{14}H_{12}O_5$.

Das geraspelte Holz wird 6 Stunden lang mit der zehnfachen Menge Wasser ausgekocht und die Abkochung nach dem Filtrieren kalt mit Kochsalz gesättigt. Der schmierige Niederschlag (C) wird nach dem Trocknen mit kochendem Alkohol ausgezogen, der Alkohol größtenteils verdunstet und der Rückstand mit viel Äther behandelt, wodurch ein schwarzer Teer abgeschieden wird. Nach mehrmaligem Waschen der ätherischen Lösung wird eingedampft, der Rückstand in kochendem Alkohol gelöst und mit Bleiazetat versetzt. Der orangerote Niederschlag wird mehrmals mit kochendem Alkohol und darauf mit kochendem Wasser gewaschen, das Salz in Wasser suspendiert, mit einigen Tropfen Schwefelsäure zersetzt und das eingetrocknete Gemisch von Bleisulfat und Farbstoff mit kochendem Alkohol extrahiert. Die ziemlich stark eingedunstete Lösung wird in Äther gegossen, das Gemisch mit Wasser gewaschen, bis keine teerige Suspension mehr vorhanden, der Äther verdunstet und der Rückstand in heißem Alkohol gelöst. Beim Stehen scheiden sich Kristalle des Jacarandins ab, das braune Filtrat davon enthält neben diesem Körper hauptsächlich das Harz A. Aus 8 kg des grünen Ebenholzes werden 1—3,15 g des rohen Farbstoffes erhalten.

Das alkoholische Filtrat vom Bleiniederschlag wird stark eingedampft, mit Äther versetzt und mit Wasser zur Entfernung teeriger Massen gewaschen. Der größte Teil des Äthers wird verdunstet, dann Chloroform zugesetzt, es fallen jetzt die Kristalle des Farbstoffes Excoecarin aus, sie werden mit Chloroform gewaschen, das Filtrat enthält das Harz B. 8 kg Holz liefern etwa 17 g des Farbstoffes.

Excoecarin, $C_{13}H_{12}O_5$. Die rohe Substanz wird in heißem Alkohol gelöst und mit Chloroform versetzt; die ausgeschiedenen Kristalle werden nach dem Waschen mit Äther noch einmal auf dieselbe Weise behandelt. Man erhält lange, glänzende, zitronengelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 219—221°. In kaltem Alkohol ist es wenig löslich; in wässrigen und alkoholischen Lösungen der Alkalien löst es sich mit schöner violettroter, in Ammoniak mit brauner Farbe; die Lösungen oxydieren sich an der Luft und werden prächtig braun. Schwefelsäure löst mit brauner, Salpetersäure mit orangegelber Farbe. Weder mit Schwefelsäure noch mit Alkaliazetaten liefert es unlösliche Salze. Tierische Fasern färbt es mit einem reinen, schwachen Gelb an.

Jacarandin, $C_{14}H_{12}O_5$. Das Rohprodukt wird durch dreimaliges Umkristallisieren aus Alkohol unter Zusatz von Tierkohle gereinigt. Die Verbindung kristallisiert in glitzernden Platten oder Nadeln, die bei 220° zu schmelzen anfangen und sich bei 243—245° vollständig zersetzen. In den gebräuchlichen Lösungsmitteln ist sie nur wenig mit grüner Fluoreszenz löslich, in Schwefelsäure löst sich der Körper mit oranger Farbe und stark grüner Fluoreszenz. Kaustische Alkalien bilden damit orangerote Lösungen, Bleiazetatlösung erzeugt in alkoholischer Lösung einen orangeroten Niederschlag. Mit Mineralsäuren liefert das Jacarandin keine kristallisierenden Verbindungen, wohl aber eine solche mit Kaliumazetat.

Jacarandin ist ein kräftiger Farbstoff: er färbt gebeizte Wolle:

Chrombeize:	Tonerde:	Eisen:	Zinn:
schmutzig gelbbraun	orangebraun	tiefes Oliv	schönes Goldgelb

Ungebeizte tierische Fasern färbt es schwach gelb an.

Die färbenden Eigenschaften des grünen Ebenholzes: Schon Bancroft (292) gibt an, daß das Holz in England zum Färben gebraucht wurde und daß es sehr ähnlich wie Gelbholz färbt. Es ist dort früher zum Färben von Leder und Wolle, besonders aber in der Seidenfärberei benutzt worden, zum

Nuancieren beim Schwarzfärben, auch um die Töne weniger kräftig oder matter zu machen, und in Frankreich, um beim Avivieren die Färbungen etwas gelber zu gestalten, wenn das nötig war. Ähnlich wie bei Fisetholz erhält man auf gebeizter Wolle folgende Färbungen:

Chrombeize:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:	Kupfer:
stumpfes Gelbbraun	stumpfes Braungelb	Olivgrün	Goldgelb	helles Braun

Wendet man 40 % Holz an, so erhält man auf Eisen schönere und grünere Färbungen als mit mehr Material, mit dem man bräunlichere Töne bekommt. Von diesen grünen Färbungen und von dem sehr harten Holze rührt der Name »Grünes Ebenholz« her.

147. Baumwollsamen.

Die Baumwollsamen enthalten einen Farbstoff, der durch Säuren in das sogenannte Baumwoll-Samenblau umgewandelt wird. Dieser Farbstoff ist nach Untersuchungen über die Chemie des Gossypöles nicht identisch mit dem der Blüten, der der Flavonolreihe angehört [Nr. 104].

Übrigens befindet sich auch in der Rinde ein Farbstoff, der dem der Blüten in einigen Punkten gleicht.

Die Baumwollsamen enthalten zusammen mit Baumwollsamenöl eine phenolische Substanz Gossypol, die in Öl gelöst bleibt, wenn dieses ausgepreßt wird.

Die ägyptischen und Bombay-Samen gelten als die ölreichsten.

Nebst dem Baumwollsamenöl liefern die Samen aus den sogenannten Harzdrüsen einen Farbstoff, der als Nebenprodukt bei der Raffination des Öles nach Semler (293) wie folgt dargestellt wird:

Das aus der Presse tretende rohe Öl wird in einen eisernen, mit einem Rührwerk ausgerüsteten Bottich geleitet, der einen Fassungsraum von 10 t Rohöl und $1^1/_2$ t Natronlauge von 7—8° Bé besitzt. Die 15° warme Lauge wird mittels durchlöcherter Röhren, die über den Bottich laufen, allmählich und gleichmäßig verteilt dem Öl zugeführt. Durch die Tätigkeit des Rührwerkes vermischen sich Lauge und Öl, die beide kalt sind, und das letztere sondert nach und nach schwarze, seifige Flocken ab, ein Vorgang, der in einer teilweisen Verseifung des Öles durch die Natronlauge seine Ursache hat. Das Rühren wird etwa eine halbe Stunde fortgesetzt, nach welcher Zeit eine Probe der Mischung entnommen und ruhig gestellt wird. Schlagen sich die seifigen Flocken nieder, und zeigt sich das Öl nahezu farblos, so wird das Verfahren unterbrochen, andernfalls aber, und zwar unter Zuführung frischer Natronlauge fortgesetzt, bis die gewünschte Farblosigkeit erzielt ist. Nachdem man das Öl abgezogen hat, werden die Rückstände erhitzt und wieder mit starker Natronlauge behandelt. Nun tritt eine Lösung des Farbstoffes ein. Durchschnittlich erhält man aus einer Tonne Rohöl 7 kg Farbstoff. Getrocknet bildet dieser ein braunes, stechend riechendes Pulver, das in Säuren unlöslich ist, in Wasser schwer, in Alkohol und Alkalien leicht gelöst werden kann. Die Färbekraft ist recht bedeutend, doch seine Haltbarkeit und Lichtechtheit nur gering.

Bei kleineren Mengen verfährt man wie folgt: Beim Ausziehen des ausgepreßten Öles mit Natronlauge und Neutralisieren wird ein voluminöser Niederschlag erhalten, der aus dem Farbstoff und Fettsäuren sowie deren Oxydationsprodukten besteht. Zur Gewinnung des Gossypols wird nach dieser Vorbehandlung, bei der die Hauptmenge der Fettsäure entfernt worden ist, mit Äther extrahiert und wiederholt aus Essigsäure und aus einer Mischung von Alkohol und 50%iger Essigsäure umkristallisiert. Man erhält kleine gelbe Nadeln, die rasch erhitzt bei 188° schmelzen; trocknet man vorher auf 125—130°, so liegt der Schmelzpunkt bei 179—180°. Gossypol ist leicht löslich in den gewöhnlichen organischen Lösungsmitteln; in Schwefelsäure löst es sich mit kirschroter Farbe, eine Reaktion, durch die man seine Anwesenheit im Baumwollsamenöl feststellen kann. In Alkalien löst sich Gossypol mit gelber Farbe, die rasch nach violett hin umschlägt und dann langsam an Stärke verliert (verblaßt). Die große Empfindlichkeit der alkalischen Gossypollösungen gegen Luftoxydation spricht für den unreinen Zustand des rohen Farbstoffes, der wie oben angegeben aus dem Öl isoliert wird; trägt man diesem Übelstand Rechnung, so ist es möglich, ein reineres Produkt zu erhalten. Eine alkoholische

Lösung von Eisenchlorid gibt mit einer alkoholischen Lösung von Gossypol eine dunkelgrüne Färbung; mit neutralem oder basischem Bleiazetat entsteht ein tiefgelber Niederschlag von $C_{13}H_{12}O_4Pb$.

Für Gossypol sind zwei Formeln aufgestellt worden: $C_{13}H_{14}O_4$ und $C_{32}H_{34}O_{10}$, von denen die erstere vorzuziehen ist.

Gossypol scheint keine Methoxygruppen zu enthalten; es ist auch kein Glukosid.

Färberische Eigenschaften: Gossypol färbt eisengebeiztes Material grau an; das bei sorgfältiger Oxydation in alkalischer Lösung enthaltene Produkt besitzt bestimmtere färberische Eigenschaften. Gossypol kann auf Baumwollgewebe als Beize für basische Farbstoffe dienen.

Man kann Gossypol auch aus den entschälten Baumwollsamenkernen gewinnen, die durch Walzen zerquetscht werden, bevor sie in der Ölmühle weiter behandelt werden. Bei der Filtration mit Ligroin wird eine beträchtliche Menge Öl entfernt; der Rückstand wird mit Äther extrahiert und zur Trockne verdampft. Das Produkt wird dann mit der Hälfte bis zu einem Drittel seines Volumens an Eisessig behandelt; beim tagelangen Stehen oder schneller beim gelinden Erwärmen scheiden sich Kristalle von Gossypolazetat ab. Zur weiteren Reinigung wird in Äther gelöst, Eisessig zugefügt und die Lösung bis zur beginnenden Kristallisation eingeengt.

Um hieraus das Gossypol zu erhalten, wird eine ätherische Lösung des Azetats mit Wasser behandelt und der Äther abdestilliert. Das zurückbleibende Gossypol ist in Wasser in Form kleiner kristalliner Krusten suspendiert und kann aus Alkohol umkristallisiert werden.

Eine zweite interessante Methode besteht im Hinzufügen von Anilin zu einem ätherischen Extrakt von Baumwollsamen. Die Lösung scheidet nach dem Erwärmen aus dem Wasserbade allmählich beim Stehen einem orangegelben mikrokristallinen Niederschlag des Anilinsalzes des Gossypols ab:

$$C_{30}H_{28}O_9 \cdot 2\,C_6H_5 \cdot NH_2 \text{ oder}$$
$$2\,C_{30}H_{28}O_9 \cdot 5\,C_6H_5 \cdot NH_2.$$

Die Ausbeute ist quantitativ, und dieses Verfahren kann benutzt werden, um die Menge Gossypol in Extrakten der Baumwollsamenprodukte abzuschätzen.

Um das Gossypol aus der Anilinverbindung wiederzugewinnen, wird letztere in heißer alkoholischer Kalilauge gelöst und der Alkohol durch Wasserdampfdestillation entfernt.

Aus der alkalischen Lösung wird Gossypol beim Ansäuern gefällt und kann über das Azetat hinweg, wie oben angegeben, gereinigt werden.

Gossypol enthält 4 oder 5 Hydroxylgruppen.

Beim Erhitzen auf 186—190° schmilzt Gossypol unter Dampfentwicklung und verdichtet sich zu einer schwarzen Masse. Behandelt man den Rückstand mit Äther, so erhält man eine schwer lösliche gelbkristalline Verbindung B Gossypol, die weniger giftig ist als Gossypol und bei 246—248° schmilzt. Wieder mit Kali geschmolzen entsteht eine zweite neue kristalline Substanz C Gossypol, die in Alkalien mit blauer Farbe löslich ist; wahrscheinlich steht sie in naher Beziehung zu dem oben erwähnten Oxydationsprodukt des Gossypols.

Baumwollsamen-Mehl, das dem »Cooking«-Prozeß unterworfen worden ist, verliert viel von seinen giftigen Eigenschaften und enthält dann praktisch kein Gossypol. Beim Extrahieren dieses Produktes mit Anilin erhält man die Anilinverbindung von D Gossypol in orangegelben Prismen.

Alkoholisches Kali verwandelt diese Verbindung in D Gossypol, gelbe Kristalle, die nachdunkeln und bei ungefähr 256° erweichen.

Aus dem gebackenen Baumwollsamenmehl können 1,2 % Anilinverbindung erhalten werden. Diese Produkte sind noch nicht genauer untersucht worden.

148. Orlean, Annatto (Anatta, Anatto, Anotta, Anotto, Arnatto, Arnotta, Arnotto), Attalo, Achioti, Orenetto, Orenotto, Terra orellana, Terra orleana; franz. roucon, rouson, jaune d'Orléans; engl. anatta, rocoe.

Der unter dem Namen Orlean bekannte rote Farbstoff wird aus der roten, fleischigen, umhüllenden, wachsartigen, äußeren Schicht der Samenschale (Epidermis) des Ruku- oder Roucon-(Orlean-) baumes, *Bixa orellana* L., zur Familie der

Bixaceen gehörig. erhalten. Dieser wird auch Uruku, Rocon, Bixa, Bicha, Achiote genannt und ist in Zentral- und Südamerika, sowie in Westindien, besonders in Brasilien, in Guayana, Cayenne, auf den Antillen heimisch und wird dort wie auch in Ostindien, auf Java und Ceylon angebaut.

Die pflaumengroßen Früchte, die etwa 30—40 erbsengroße Samenkörner enthalten, sind zweilappige, mit weichen Borsten besetzte Kapseln; die erbsenförmigen, rötlichbraunen Samenkörner sind von einer zarten Haut umgeben, auf der sich die rote, teigartige, den Farbstoff enthaltende Schicht befindet.

Nach manchen Autoren soll auch das Fruchtfleisch Farbstoff enthalten.

Gewinnung des Orleans: Die Früchte werden entschält, Mark und Samen mit Wasser angerührt und durchgeknetet und einer Gärung überlassen, die in 10—14 Tagen beendet ist. Dann wird die Flüssigkeit durch Preßbeutel und Siebe durchgeseiht. Die klar gewordene Flüssigkeit wird von dem roten, breiigen Bodensatze abgehebert, dieser in einem Kupferkessel gelinde erwärmt und allmählich soweit eingedickt, bis er einen steifen Brei darstellt, der dann in Schilf- oder Pisangblätter eingewickelt und in Kisten, Fässer oder Körbe verpackt versandt wird, oder den man vollends austrocknet und zu Kuchen formt.

Im Handel befinden sich namentlich zwei Sorten: ostindischer, der in Bengalen erzeugt wird, gewöhnlich trocken ist und als der bessere gilt, aber seltener ist, und südamerikanischer, zuweilen als spanischer Orlean bezeichnet, der aus Südamerika, namentlich aus der französischen Kolonie Cayenne, über Bordeaux, Havre, Marseille und Lissabon nach Europa eingeführt wird. Er stellt je nach der einen oder anderen Darstellungsweise eine weiche oder eine feste, zu Pulver zerreibliche Masse dar. Die Farbe des Orleans ist rotbraun, ziemlich lebhaft; der Geruch des frischen ist dem des Saftes der frischen gelben Rüben ähnlich, während der Orlean des Handels oft unangenehm ammoniakalisch riecht, was von der Befeuchtung mit Urin herrühren soll, die man vornimmt, um dem Orlean das durch Verdunsten verminderte Gewicht und die lebhaftere Farbe wiederzugeben.

Guter Orlean soll nach Girardin nicht mehr als 10 % Asche enthalten. Der Farbstoffgehalt beträgt in der Regel nur 5—6—8 %, soll aber in manchen Sorten erheblich größer sein.

In neuerer Zeit kommt aus Cayenne eine Orleansorte in Blechbüchsen von 7—11 kg Inhalt auf den Markt. Sie bildet einen festen Teig mit 67—70 % Wassergehalt und hinterläßt nur 5 % Asche. Ihr Färbevermögen soll das Doppelte dessen von gutem Orlean sein.

Nach Girardin in Rouen kommt nach einem Verfahren von du Montel ein angereichertes Produkt unter dem Namen »Bixin« in Tafeln in den Handel, dessen Darstellungsweise nicht genau bekannt ist und das fünf- bis sechsmal soviel wert sein soll wie gewöhnlicher Orlean.

Orlean wird häufig stark mit unverbrennlichen Substanzen (Ziegelmehl, Ocker u. a. mineralischen Zusätzen) verfälscht.

Der wichtigste Farbbestandteil des Orleans ist das Bixin, das nicht mit dem oben erwähnten Handelsprodukte verwechselt werden darf.

Die Reindarstellung des Bixins erfolgt durch Extraktion des gereinigten und gut getrockneten Orleans während zweier Tage mit Chloroform, Verjagen des Lösungsmittels und Umkristallisieren des zurückbleibenden getrockneten, spröden, rotbraunen Rückstandes aus Ligroin, einem Gemisch aus Chloroform und Alkohol oder auch aus siedendem Eisessig. Man erhält braunrote oder hochrote rhombische Kristalle, die bei langsamem Erhitzen bei 191,5°, bei raschem bei 198° schmelzen. Bixin hat die Formel $C_{28}H_{34}O_5$; es ist in den gebräuchlichen organischen Lösungsmitteln nur wenig löslich, am leichtesten in Pyridin, ziemlich leicht in Chinolin und in siedendem Nitrobenzol. Mit konzentrierter Schwefelsäure löst es sich kornblumenblau, Wasser fällt einen schmutzig dunkelgrünen Niederschlag; durch diese Reaktion lassen sich die geringsten Mengen des Farbstoffes nachweisen. Bixin reduziert Fehlingsche Lösung schon in der Kälte.

Das Bixinspektrum zeigt die drei für die Lipochrome charakteristischen Absorptionsbänder, daneben noch, in der ultravioletten Zone, zwei Bänder in der Nähe derer des Stickstoffes und Sauerstoffes.

Mononatrium-Bixin $C_{28}H_{33}O_5Na$, dunkelrote, metallisch glänzende Kristalle, wasserfrei aus 70%igem Alkohol. Analog das Kaliumsalz.

Auch das Dinatrium- und Kaliumsalz sind leicht darstellbar.

Mit Ammoniak erhält man ebenfalls ein kristallisiertes Produkt; mit Kalzium und Barium dagegen amorphe Körper.

Das Bixin enthält eine Methoxylgruppe.

Amorphes Bixin (Etti) wird aus der bei der Darstellung des Bixins vom Natriumsalz abfiltrierten Mutterlauge mit Salzsäure gefällt; es kann auch erhalten werden, wenn man die Salze längere Zeit mit Wasser kocht und dann mit Säure zersetzt. Das amorphe Bixin enthält mehr Sauerstoff als das kristallisierte; Äther entzieht ihm ein schwarzrotes Harz. Der ätherunlösliche Teil verkohlt ohne zu schmelzen über 200° und ist dem kristallisierten Bixin sehr ähnlich, nur werden die Alkalisalze durch Soda oder Pottasche aus Alkohol und Wasser nicht gefällt.

Nach van Hasselt (294) hat reines Bixin die Formel $C_{29}H_{34}O_5$. Das Dikaliumsalz soll unter Ersatz des Methyls der einzigen Methylgruppe, durch Kalium:

$$(H)O \cdot C_{28}H_{30}O_3 \cdot O(HC_3) \longrightarrow KO \cdot C_{28}H_{30}O_3 \cdot OK$$

sich von einer neuen Substanz: Norbixin $C_{28}H_{32}O_5 = HO \cdot C_{28}H_{30}O_3 \cdot OH$ ableiten; hellrot gefärbtes kristallinisches Pulver, das sich bei ungefähr 240° zersetzt und sich von Bixin durch seine Unlöslichkeit in Chloroform unterscheidet.

Von anderen Autoren sind für das Bixin noch die Formeln $C_{25}H_{27}O_3 \cdot OCH_3$, $C_{27}H_{32}O_4$, $C_{26}H_{30}O_4$ und $C_{25}H_{30}O_4$ aufgestellt worden.

Handelsware enthält 6% und mehr, die trockne Frucht 2% roten Farbstoff (Bixin).

Färberische Eigenschaften: Orlean wird in England noch vielfach zum Färben von Nahrungsmitteln (Butter, Käse, Margarine, Suppen usw.) benutzt.

Er färbt Baumwolle, Wolle und Seide direkt in schönen lebhaften orangeroten (morgenroten) Tönen an, die gut säure-, seifen-, walk- und chlorbeständig, aber wenig lichtecht sind. Er wird noch in der Baumwoll- und Seidenfärberei benutzt, früher fand er auch im Baumwolldruck Verwendung.

Zum Färben der Baumwolle (wie auch der Wolle und Seide) wird Orlean in einer kochenden Sodalösung gelöst und das Zeug darin eine Viertelstunde von 60° auf 100° erwärmt; nach dem Abquetschen wäscht man mit schwach angesäuertem Wasser oder mit Alaunlösung. Besser jedoch beizt man die Stücke zuerst mit Zinnsalz und neutralisiert vor dem Färben das alkalische Orleanbad mit verdünnter Schwefelsäure; man erhält so ein hübsches Orange.

Bei Seide wendet man gleiche Teile Orlean und Soda an, fügt Seife hinzu, und färbt eine Stunde bei ungefähr 50°. Der Ton kann gelbstichiger gemacht werden, wenn man mit der Ware durch ein schwaches Weinsteinbad geht.

Wolle wird meist ohne jeden Zusatz bei 80—100° gefärbt.

Fällt man alkalische Orleanauszüge mit Alaun oder Zinnsalz, so erhält man gelbe und orangerote Lacke (Orleanlacke) (vgl. Nr. 164). Literatur: Heiduschka u. Riffert (295) u. Molisch (296).

149. Nyctanthes arbor tristis L. Großer Zierstrauch mit rauhen Blättern und süßlich riechenden, nur in der Nacht geöffneten Blüten, die zu Parfümeriezwecken und zum Färben dienen. Der zur Fam. Oleaceae (Jasminoideae) gehörige Strauch kommt im Sub-Himalaja- und Tarai-Gebiet (Zentralasien), in Indien. Birma, Ceylon und Java vor. Die Blüten öffnen sich gegen Abend und fallen am folgenden Morgen ab. Die röhrenförmigen Kapseln der Blütenkronen sind orange gefärbt und geben eine schöne, aber vergängliche Färbung, die meist für Seide, mitunter zusammen mit »kusum« oder »turmeric« (Kurkuma), auch mit Indigo und Katechu benutzt wird.

Die Blüten enthalten nach Hill u. Siskar (297) Mannit und einen roten kristallisierten Farbstoff Nyctanthin $C_{20}H_{27}O_4$ (oder $C_{15}H_{20}O_3$).

Darstellung. Wässrige Lösung mehrere Stunden mit 1%iger Salzsäure mäßig erwärmt, Niederschlag abfiltriert

und mit kochendem Alkohol ausgezogen. Erhitzt man den Extrakt mit 1%iger Salzsäure, so fällt der Farbstoff in roten Schuppen oder Blättchen aus, die mit Alkohol gewaschen und aus Pyridin oder Phenylhydrazin umkristallisiert werden.

Nyctanthin kristallisiert aus Pyridin in regulären Sechsecken, aus Phenylhydrazin in rhombischen Kristallen, die in nassem Zustande gelb, trocken ziegelrot sind und bei 285—287° schmelzen.

Der Farbstoff löst sich in Alkalien mit gelber Farbe und wird mit Säuren scheinbar unverändert wieder ausgefällt. Er enthält keine Methoxylgruppen. Mit Schwefelsäure gibt er eine sehr tiefe, schnell gelb werdende Blaufärbung, was an Bixin (aus Orlean [Nr. 148]) erinnert.

Für färberische Zwecke wird der Farbstoff benutzt, indem man das Textilmaterial (Seide oder Baumwolle) einfach in eine heiße oder kalte Abkochung der Blüten eintaucht. Zugabe von Alaun oder flüssigem Leim zur Farbflotte soll die Färbung haltbarer machen.

150. Cedrela toona. *Cedrela toona* Roxb. (Fam. Meliaceae), Toon-Baum, »toon-tree«, ostindisches Mahagoni (»Indian Mahogany tree«), »Moulmein Cedar«, »Cédrel rouge«, »Cèdre de Singapore« ist syn. mit *Cedrela febrifuga* Forst. (= *C. febrifuga* Rm.) u. *Toona serrata* (Royle) Roemer. Großer, 15—18 m, mitunter auch 30 m hoher Baum, der am tropischen Himalaja, vom Indus ostwärts durch das Hügelland von Zentral- und Südindien bis Birma, auf den malayischen Inseln (Java) und in Australien vorkommt. Holz vgl. Busch (298).

Die Blüten bilden einen der weniger wichtigen indischen Naturfarbstoffe und sollen einen roten und einen gelben Farbstoff — in Bengalen als »Gunari« bekannt — enthalten, der ohne Beize färbt. Die Blüten werden in Birma zusammen mit Safflor und Kurkuma gebraucht, um die schwefelgelbe Färbung oder »basanti« von Cawnpore zu erzeugen.

Zur Gewinnung der Farbstoffe wird nach Perkin (299) ein wässriger Blütenauszug mit wenig Salzsäure bei 70—80° digeriert, der erzeugte rötlichbraune Niederschlag nach dem Trocknen mit kochendem Alkohol extrahiert und letzterer abdestilliert. Die hinterbleibende kleine Menge eines mikrokristallinen Pulvers wird aus Pyridin umkristallisiert, und dadurch eine unlösliche amorphe Verunreinigung entfernt. Nach dem Waschen mit Benzol oder Alkohol erhält man ein Produkt vom Schmelzpunkt 285—287°, das mit kalter konzentrierter Schwefelsäure eine an Bixin [Nr. 148] erinnernde indigoblaue Lösung gibt. Diese Verbindung ist identisch mit Nyctanthin [Nr. 149]. Die Menge scheint im Mittel nicht mehr als 0,1% zu sein. Zweifellos sind Nyctanthin und Bixin nahe verwandt. Die einfachste Formel für Nyctanthin ist $C_{15}H_{18}O_3$, Bixin (vgl. Orlean [Nr. 148]) soll die Formel $C_{29}H_{34}O_5$ haben und Nyctanthin ist möglicherweise ein Oxy-Bixin $C_{29}H_{34}O_6$.

Fügt man Zinkstaub zur heißen orangeroten alkalischen Nyctanthinlösung, so tritt Entfärbung ein. Beim Ansäuern fällt ein farbloser bis schwach gelb gefärbter Niederschlag, was beim Bixin auch der Fall ist.

Taucht man Baumwolle in eine kochende verdünnte sodaalkalische Nyctanthinlösung und spült mit angesäuertem Wasser ab, so erhält man einen orangefarbenen Ton, der vom Orlean nicht zu unterscheiden ist, was wiederum auf die Verwandtschaft zwischen den beiden Farbstoffen hindeutet.

Die Blüten von *Cedrela toona* enthalten neben Nyctanthin eine beträchtliche Menge Querzetin, wahrscheinlich als Glukosid, und einen weiteren Flavon- oder Flavonolfarbstoff, dessen chemische Natur noch nicht erkannt ist. Schließlich ist noch ein Zucker $C_{12}H_{22}O_{11}$ vorhanden vom Schmelzpunkt 165—168°.

Baumwolle und wollene Stoffe werden mit schmutzig gelber Farbe durch bloßes Eintauchen in einen kochenden Auszug von Cedrela-toona-Blüten gefärbt. Die Farbe ist nicht sehr echt und wird von der Baumwolle schneller als von der Wolle durch Behandeln mit Seife oder verdünnten Alkalien entfernt.

Bessere Resultate erzielt man mit gebeizter Wolle, die folgende Färbungen gibt:

Chrom:	Aluminium:	Eisen:	Zinn:
schmutzig bräunlichgelb	volles Goldgelb	schmutzig olivbraun	leuchtend gelb

Hierbei scheinen Nyctanthin oder sein Glukosid keine Rolle zu spielen, und die erhaltenen Färbungen entsprechen den vorhandenen Flavon-Glukosiden.

Nicht allein die Blüten, sondern auch die Samen von *C. toona* geben roten Farbstoff.

151. Algarrobin.

Dies ist ein natürliches Farbprodukt aus dem Holze des echten Johannisbrotbaumes *Ceratonia siliqua* L. in Argentinien; es ist in neuerer Zeit in den Handel gekommen. Es wird in Argentinien an vielen Orten benutzt, um Khaki-Tuche für militärische Zwecke zu färben und ist auch schon nach Europa importiert worden. Es soll die Textilfasern mit einer hellbraunen Farbe anfärben, und, wenn diese vorher gebeizt sind, so kann man verschiedene Abtönungen erhalten. Da es sich ferner wie eine Beize für Teerfarbstoffe verhält, so scheint es ein Gerbstoff zu sein und kann vielleicht dem Ellagitannin zugeordnet werden, an das es dem Namen nach erinnert (vgl. Algarobilla unter Gerbstoffen).

152. Lycoperdon gemmatum.

Nach Kotakiu. Naito (300) gibt der Pilz *Lycoperdon gemmatum* bei der Extraktion mit Alkohol einen braunen kristallinischen Farbstoff, ein Glukosid, das bei der Hydrolyse Dextrose und Gemmatein, $C_{17}H_{12}O_7$, braune Nadeln gibt.

153. Phoenin und Phoeniceïn.

Phoenin $C_{14}H_{16}O_7$, das Glukosid der Leukoverbindung des Phoeniceïns, findet sich in den Rindenparenchym-Zellen von *Copaifera bracteata* (Benth.), Leguminosae, Unterfam. Caesalpinioideae — Südamerika —, die das Purpurholz (Amarantholz, blaues Ebenholz) liefert. Phoenin kristallisiert aus Wasser in kleinen farblosen Nadeln oder Stäbchen, die beim Stehen an der Luft eine schwachviolette Färbung annehmen. Beim Kochen mit Methylalkohol und Salzsäure wird Phoenin in Phoeniceïn verwandelt, und bei Zugabe von Wasser zur sauren Lösung wird ein rotes Pulver abgeschieden, das sich in Ammoniak mit violett-blauer Farbe löst. Purpurholz liefert annähernd 2% Phoeniceïn [Kleerekoper (301)].

154. Chinesisch - Grün, Lokao, Chinagrün, vert de chine.

Chinesisch-grün ist der einzige direktfärbende grüne Baumwollfarbstoff des Pflanzenreiches. Er wurde 1848 von Daniel Köchlin-Schuch, Mülhausen i. E., auf einem grünen Baumwollgewebe aufgefunden und von N. Rondot, J. Persoz und A. F. Michel seiner Herkunft, Darstellung und Benutzung zum Färben nach ausführlich beschrieben.

Die Pflanzen, aus denen der Farbstoff gewonnen wird, gehören der Gattung Rhamnus, und zwar zu den Spezies *Rh. clorophorus* Decne. (= *Rh. tinctorius* Wldst.) und *Rh. utilis* Decne. (= *Rh. dahuricus* Pall.), wahrscheinlich auch noch anderen Arten an. Michel (Lyon) hat nachgewiesen, daß man mit *Rhamnus infectorius* L. (Gelbbeeren), *Rh. saxatilis* L. und *Rh. catharticus* L. [Nr. 96, 97] bei gewisser Behandlung der Rinde Baumwolle ebenfalls grün färben kann. Ein sicheres und ausgiebiges Verfahren, um einheimische Rinden im gleichen Sinne zu gebrauchen, hat er nicht gefunden.

Rh. chlorophorus wird in China Hong-pi-lo-chon und *Rh. utilis* (Decaisne) Pe-pi-lo-chon genannt.

Als Organe dieser Pflanzen, die den Farbstoff liefern, werden allgemein die Rinde der Zweige und die Wurzelrinde genannt. Möglicherweise werden auch Blüten und Beeren von den Chinesen hierzu gebraucht.

In China kommen Bündel der Äste auf die Märkte und werden dort zu sehr verschiedenen Preisen verkauft. Nach N. Rondot schwanken die Preise zwischen 8 und 25 Fr. für 100 kg. Die Ausbeute an Rinde von den Zweigen soll etwa 50% betragen. Der Preis für das kg Chinagrün schwankte nach Rondot in den Jahren 1852—1857 zwischen 224 und 408 Fr. Diese Preissteigerung zwischen Rohmaterial und Farbstoff bis zum Fünfzehnhundertfachen läßt auf sehr geringe Ausbeute und mühevolle Darstellung schließen.

Die Rinde wird mit heißem Wasser in Eisenkesseln ausgekocht und dann mit der Flüssigkeit in Tonkrüge gebracht. Nach dem Stehen über Nacht filtriert man mit Hilfe von Bambuskörben und setzt Pottasche oder Kalkmilch hinzu. Diese Mischung wird nun zum Tränken (Färben) großer Baumwollstücke verwandt, sie werden durch dieselbe gezogen und nach

jedem Durchgang des Abends über Nacht auf den Bleichplan gelegt, wo sie am Morgen nur so lange verweilen dürfen, als die Sonne noch tief steht, da grelles Sonnenlicht der Farbe schadet. Das Färben und Auslegen soll zehn- bis zwanzigmal wiederholt werden. Nach der einen Angabe ist die obere, dem Licht zugekehrte Seite, nach der anderen die untere die stärker gefärbte, denn verschiedene Tiefe der Färbung ist an jedem Stücke wahrzunehmen.

Das Entfernen des Farbstoffes vom Gewebe scheint so ausgeführt zu werden, daß die Baumwolle unter Auspressen und Reiben mit der Hand in klarem, kaltem Wasser ausgewaschen wird, der Farbstoff löst sich ab und sinkt zu Boden, der Niederschlag wird ausgewaschen, mit Ton verrieben, auf Papier gestrichen und im Schatten getrocknet.

Nach den Berichten des Missionars Hélot sollen 5 Fabriken in A-zé nicht mehr als 18—24 kg Lokao im Jahr liefern. Zur Bereitung eines Kilogramms sollen 1060 gefärbte Stücke Baumwolle nötig sein. Der Preis ist deswegen immer sehr hoch.

Das Chinagrün stellt dünne, brüchige, gekrümmte Blättchen von dunkelgrüner, ins Violette spielender, nicht gerade lebendiger Färbung dar; sie haben eine Dicke von 1—4 mm und 20—40 mm Seitenlänge. Es ist schwer sie in feines Pulver zu verreiben; der Strich, den der Farbstoff auf weißem Papier hervorbringt, ist schön grün.

Der Aschengehalt schwankt zwischen 21,5 und 33%, in der Asche ist häufig bis zu $1^1/_2$% Eisenoxyd (bezogen auf das Gewicht des Lokao) enthalten.

Bleekrode fand in der Asche 52,58% Ton, 31,16% Kalk, 12,45% Eisenoxyd und phosphorsauren Kalk, 2,58% Tonerde und 1,23% kohlensaures und phosphorsaures Kalium und Natrium.

Chinagrün ist nicht sublimierbar, in Wasser weicht es auf, ohne sich vollkommen zu lösen. Viele Säuren, wie Essigsäure, Salzsäure, Schwefelsäure und Salze, phosphorsaure, pyrophosphorsaure, borsaure, ölsaure und stearinsaure Alkalisalze begünstigen die Lösung. Durch Zink- und Magnesiasalze geht die grüne Farbe in ein reines Blau über.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen ergaben, daß das Chinesischgrün an Kalk und Tonerde gebunden einen blauen Farbstoff, die Lokaonsäure — ein Glukosid — enthält, die durch verdünnte Säuren gespalten wird in einen violetten Farbstoff, die Lokansäure und in Rhamnose (Lokaose).

Lokaonsäure, nach Kayser $C_{42}H_{48}O_{27}$, nach Rüdiger $C_{42}H_{46}O_{25}$, wird gewonnen, indem man zerriebenes Chinagrün mit konzentrierter Ammoniumkarbonatlösung wiederholt auszieht und aus den filtrierten Extrakten die Lokaonsäure mit dem doppelten Volumen 90%igem Alkohol als Ammonsalz ausfällt. Beim Einengen erhält man bronzeglänzende kleine Kristalle der Diammoniumverbindung, die bei 100° Ammoniak verliert und in die Monoammoniumverbindung übergeht.

Aus der Lösung des Salzes wird Lokaonsäure mittels Oxalsäure in tiefblauen Flocken gefällt; bei 100° getrocknet ist sie eine pulvrige, blauschwarze Masse, die beim Reiben Metallglanz annimmt.

Lokaonsäure ist in Wasser, Alkohol, Äther, Chloroform und Benzol unlöslich; Ammoniak und kaustische Alkalien lösen mit rein blauer Farbe. Schwefelwasserstoff färbt die Lösung blutrot, beim Stehen an der Luft wird sie bald rein grün, aus der roten Lösung fällt Alkohol olivbraune Kristallschuppen.

Das Spektrum der in Wasser löslichen Verbindungen der Lokaonsäure zeigt in verdünnter Lösung gänzliche Absorption von rot bis gelb.

Lokansäure, nach Kayser $C_{36}H_{36}O_{21}$, nach Rüdiger $C_{36}H_{36}O_{21}$, wird gewonnen, indem man das Monoammoniumsalz der Lokaonsäure in Wasser löst und unter Durchleiten eines Kohlensäurestromes eine Stunde lang mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 10) auf dem Wasserbad erwärmt. Beim Erkalten scheidet sich Lokansäure aus, in der gelben Lösung ist der Zucker (Lokaose, Rhamnose) enthalten. Durch Lösen in Ammoniak und Fällen der tiefblauen Flüssigkeit mit konzentrierter Oxalsäurelösung erhält man die Lokansäure als blauviolettes Pulver, das nach dem Trocknen bei 100° ein violettschwarzes kristallinisches Pulver darstellt. Sie ist in Wasser, Alkohol, Äther und

Chloroform unlöslich, in Alkalien mit violettblauer Farbe löslich, die bei stärkerem Verdünnen in Rosa übergeht. Das Ammoniumsalz bildet eine kupferglänzende, in Wasser blauviolett lösliche Masse.

Das Spektrum verdünnter Lösungen von lokansaurem Ammonium zeigt vollständige Absorption in Gelb und Gelbgrün.

Lokansäure löst sich in konzentrierter Schwefelsäure unter Kühlung mit kirschroter Farbe, beim Verdünnen fällt ein flockiger, braunroter Niederschlag.

Lokansäure, mit 5 Teilen einer 50%igen Kalilauge bis nahe zum Sieden erwärmt, gibt beim Ansäuern einen braunen, flokkigen Niederschlag von Delokansäure, die, in Wasser unlöslich, aus heißem Alkohol umkristallisiert werden kann. Sie bildet eine braune, pulvrige Masse, die sich in verdünnten Alkalien mit kirschbrauner Farbe löst. Sie reduziert Fehlingsche Lösung langsam in der Kälte, schneller in der Wärme. Delokansäure ist nach Kayser $C_{15}H_9O_6$, nach Rüdiger $C_{12}H_8O_5$, als Nebenprodukt entsteht Phlorogluzin.

Anwendung des Chinesisch-Grün: Die Chinesen benutzen das Lokao zum Färben von Baumwolle und Seide und erzielen damit ein schönes blaustichiges Grün von großer Lichtbeständigkeit.

Um Seide zu färben, weichen die Chinesen das Lokao in Wasser auf, zerreiben es zu einem feinen Brei und vermischen diesen mit Eisenvitriollösung und einer tiefgelben Abkochung gerösteter Kive-Ho-Körner. Die Seide wird wiederholt in das Gemisch getaucht, zwischendurch aber kräftig auf einem mit Leinwand überzogenen Tische geklopft und schließlich im Schatten getrocknet.

Wenn Lokao in reduzierter Form als Küpenfarbstoff für Seide gebraucht wird, so färbt er diese blau an, man muß also mit einem gelben Farbstoff kombinieren bzw. nuancieren, um eine grüne Färbung zu erhalten. Michel hat mit Lösungen oder Suspensionen von Chinesisch-Grün in Alaunlösung und kalkhaltigem Wasser auf Seide ein schönes »Nachtgrün« erzeugt.

Der Farbstoff fixiert sich in schwach alkalischem Bade direkt auf Baumwolle, doch hat, wie schon oben bei Seide erwähnt, Persoz gezeigt, daß man ihn auch in reduzierter Form als Küpe auffärben kann, allerdings erhält man dann ein Blau, nicht Grün, gelangt aber zu letzterem, wenn man mit einem gelben Farbstoff, z. B. mit Kreuzbeeren, oder für Seide mit Pikrinsäure nuanciert. Darauf beruht das chinesische Verfahren, um Seide zu färben. Als Reduktionsmittel verwandte Persoz schwach saure oder alkalische Zinnchlorürlösung.

155. Gelber Hanf, Datisca cannabina L.

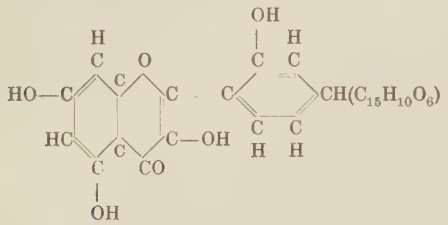
Die Wurzeln, Blätter und dünnen Zweige von *Datisca cannabina* L., einer zur kleinen Familie der Datisceen gehörenden Pflanze, die in Mitteleuropa in Gärten als Zierpflanze gezogen wird, sind früher im südlichen Frankreich, im Orient und in Indien (Lahore) zum Gelbfärben der Seide benutzt worden. Die Pflanze kommt in Südeuropa, auf Kreta, im Orient von Kleinasien bis nach Nordindien, besonders in den gemäßigten und subtropischen Himalajagebieten von Kaschmir bis Nepal vor. Sie treibt 1 m hohe Stengel mit hellgrünen Blättern, die aus 5—10 Paaren ungleich lanzettförmigen, eingeschnitten-gesägten Blättchen bestehen.

Die Wurzel wird als »Akalbir« in Kaschmir und den Himalajagebieten allgemein als gelber Farbstoff besonders für aluminiumgebeizte Seide benutzt.

In der Abkochung der Datiscablätter findet sich ein kristallisierbarer Körper Datiscin $C_{21}H_{24}O_{11} + 2\,H_2O$, der ein Glukosid des Datiscetins (Datiscagelbs) darstellt und durch verdünnte Säuren leicht hydrolytisch gespalten werden kann.

Darstellung des Datiscins: Nach Stenhouse extrahiert man die getrockneten und zerkleinerten Datiscawurzeln mit verdünntem Alkohol oder Holzgeist; beim Konzentrieren bleibt eine harzig-dunkle Masse zurück, der durch kochendes Wasser das Datiscin entzogen wird. Nach der Reinigung erhält man seidenartige Nadeln vom Schmelzpunkt 190°; aus Wasser glänzende Blättchen. Es ist leicht löslich in Alkohol, Eisessig und heißem Wasser, schwerer in kaltem Wasser und in Äther. Von Alkalien, Am-

moniak und alkalischen Erden wird es mit tiefgelber Farbe gelöst und durch verdünnte Säuren wieder ausgefällt. Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure zerlegt es in Datiscetin und Rhamnose. Bei 130° verliert Datiscin 1 Mol. Kristallwaser. Mit Hefe vergärt das Datiscin nicht.



Datiscetin, 1:3:1′-Trioxyflavonol, blaßgelbe Nadeln vom Schmelzpunkt 268—269°, wird gewonnen aus dem Glukosid Datiscin durch Kochen der wässrigen Lösung mit verdünnter Schwefelsäure. Es löst sich leicht in den gebräuchlichen organischen Lösungsmitteln, in Wasser ist es schwer löslich. Konzentrierte Schwefelsäure löst mit gelber Farbe und prachtvoll blaßgrüner Fluoreszenz. In Alkalien ist es mit gelber Farbe löslich; aus Alkohol wird durch Bleiazetat das tiefgelbe Bleisalz gefällt. Die Analyse des Bleisalzes ergab die Anwesenheit zweier Hydroxylgruppen. Methoxylgruppen sind nicht vorhanden.

Datiscetin wird durch Fehlingsche Lösung grünlich gefärbt, ammoniakalische Silberlösung wird beim Kochen reduziert.

Färberische Eigenschaften der Datiscawurzel: Diese sind sehr ähnlich denen von Old Fustic (Gelbholz Nr. 100) auf Wolle, jedoch ist die Färbekraft etwas geringer. Auf Baumwolle färbt die Datiscawurzel mehr wie Querzitronrinde, nur sind die Olivtöne auf Eisenbeize etwas blauer, als ob etwas Tannin vorhanden wäre. Die Farbkraft ist anscheinend die gleiche wie bei Querzitronrinde, nur gibt sie auf Aluminiumbeize ein leuchtendes Gelb. Auf Wolle gefärbt unterscheidet sie sich von der Querzitronrinde dadurch, daß sie auf Chrombeize ein Olivgelb gibt, das nicht einen so rötlichen Ton besitzt, und mit Zinnbeize ein leuchtendes Gelb anstatt Orange. Sie ist ein ausgezeichneter Farbstoff, der mit Recht in dieselbe Reihe zu stellen ist wie die noch jetzt gebräuchlichen natürlichen gelben Beizenfarbstoffe.

Wegen seiner kräftigen und echten Färbung wird sie hauptsächlich in Indien (Lahore) zum Färben der Seide benutzt [Hummel u. Perkin (302)].

156. Chinesische Gelbschoten, Wongsky, Wongshy, Wongschy, Chinesische Gelbbeeren, Whongshi, Wangihi, japanisch: Kutsjinas, Kuchinashi, Sansisi oder Sang-shih-see, Misuktjinasi.

Die chinesischen Gelbbeeren »in Schoten« sind nicht zu verwechseln mit den gleichbenannten Blütenknospen von *Sophora japonica* L. (Leguminose), die der Handelsartikel: Chinesische Gelbbeeren »in Körnern« [Nr. 88], und den Gelbbeeren von Rhamnus-Arten [Nr. 96, 97], den sogenannten Kreuzbeeren.

Sie sind die getrockneten Früchte mehrerer *Gardenia*-Arten (Fam. Rubiaceae, Unterfam. Cinchonoideae). Ihre Verwendung in China und Japan zum Gelbfärben scheint schon sehr alt zu sein; für die europäische Industrie sind sie aber niemals von Belang gewesen und dürften auch wohl kaum jemals eine Bedeutung erlangen, zumal uns die Teerfarbenfabriken mit weit schöneren und billigeren Farben zu versorgen imstande sind. Immerhin dürfen sie hier nicht übergangen werden, weil sie sowohl in morphologischer wie in chemischer Beziehung einen sehr bemerkenswerten Rohstoff darstellen.

Über die Verwendung der Gelbschoten machte zuerst Thunberg 1784, der zwei Arten, *Gardenia florida* L. und *G. radicans* Djuped (Djuped, 1780) beschreibt, die Angabe, daß die Früchte der erstgenannten Art als gelbfärbendes Mittel in den meisten Kaufläden Japans feilgeboten werden (Thunberg: »Fructus luteo tingendo adhibentur in plurimis tabernis venales«). In Cochinchina werden nach Loureiro (1793) die Früchte von *G. grandiflora* Lour. und wohl auch die von *G. florida* zum Gelbfärben der Seide benutzt; außerdem sind sie aber auch als Emetikum, Stimulans und Diuretikum in der chinesischen und japanischen Heilkunde in Gebrauch.

Die in den europäischen Sammlungen enthaltenen Gelbschoten gehören wohl größtenteils *G. florida* an; im englischen Drogenhandel fand man im Jahre 1898 nur die Früchte dieser Art; es mögen aber

auch die Früchte von *G. grandiflora*, die sich übrigens nach der Diagnose von Loureiro nur durch die Größe von denen der *G. florida* unterscheiden — sie sind doppelt so groß —, bei uns als Gelbschoten vorkommen, und in der Tat trifft man in einem Posten der Ware Stücke der verschiedensten Größe an.

Die Heimat dieser beiden Arten ist Südostasien, vorzugsweise China; *G. florida* wird aber überall in den Tropen angebaut und ist im tropischen Amerika verwildert anzutreffen.

G. radicans ist in Japan zu Hause.

Die chinesischen Gelbschoten bilden einfächerige, trockene, stark in die Länge gezogene, eiförmige, mitunter fast keulenförmige, mit 4—6, selten 7 vorspringenden Kanten (oder schmalen Flügeln) versehene Früchte, die an dem unteren Ende sich in den Fruchtstiel verschmälern, an dem oberen von den 4—6 persistenten spitzen Kelchzipfeln — den Fortsetzungen der Fruchtkanten — gekrönt sind.

Die Frucht schmeckt bitter und gewürzhaft und entwickelt beim Zerkleinern einen kräftigen Geruch nach Safran, der von einem unangenehmen laugenartigen Geruch begleitet ist.

Über den Farbstoff der Gelbschoten sind einige ältere Arbeiten von Stein (303), von Orth (304) und Rochleder u. Mayer (305) vorhanden; die beiden letztgenannten Autoren bezeichneten den Farbstoff als identisch mit dem Crocin, dem Farbstoffe des Safrans. Diese Angabe konnte F. Isernhagen (306) bestätigen, und er fand weiter, daß der reine Farbstoffkörper sich durch Abscheidung mittels Bariumhydroxyd und Zerlegung des Niederschlages mit Salzsäure gewinnen läßt. Der Farbstoff (aus den Gelbschoten oder aus Safran abgeschieden) ist ein sehr beständiges, intensiv rotes, glänzendes Pulver vom Schmelzpunkt 295°. Durch Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure erhält man ein Stoffgemisch, das nebst dem reinen Farbstoff ein Phytosterinestergemenge der Palmitin- und der Stearinsäure und einem Kohlenwasserstoff der Methanreihe vom Schmelzpunkt 70,5° enthält; außerdem ist Dextrose nachzuweisen. Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Gelbschoten ist Mannit.

Die Früchte der *G. grandiflora* Lour. (Hoang-tschi) werden in China zum Gelb- und Grünfärben der Baumwolle benutzt, auch in Mischung mit Saflor (für Grün) usw.

Rochleder u. Mayer isolierten aus ihm Pektin, Rubichlorsäure (Chlorogenin) — die im Krapp, Chayroot und Morinda vorkommt —, Tannin und einen roten amorphen Farbstoff (Crocin). Persoz erhielt den Farbstoff als rötlich kristalline Masse und fand, daß er Baumwolle mit Aluminiumbeize gelb, mit Eisenbeize oliv anfärbt.

Nach Bancroft (307) wird *Gardenia florida* von den Chinesen zum Färben von Scharlach unter dem Namen »unki« benutzt.

Der in China gewonnene Decamalee oder Dikamali-Gummi (aus *Gardenia lucida* Roxb. = *G. resinifera* Roth.) enthält Gardenin, $C_{14}H_{12}O_6$, tiefgelbe Kristalle vom Schmelzpunkt 163—164°, unlöslich in Wasser und alkalischen Lösungen.

Zusammenstellung der Gardenia-Pflanzen:

G. grandiflora Lour. (*G. calyculata* Roxb.) — Japan, Cochinchina;

G. florida L.;

G. radicans Thbg. — Japan, China;

G. lucida Roxb. (*G. resinifera* Roth) — Ostindien;

G. jasminoides Ell. — Süd- und Ostasien.

157. Färberscharte, *Serratula tinctoria* L.

Die Färberscharte ist eine in Mitteleuropa weit verbreitete Komposite, deren Kraut einen gelben Farbstoff unbekannter Konstitution enthält. Sie wurde in früheren Zeiten zum Färben benutzt.

Asche (14,5 %) enthält 36,8 K_2O, 14,5 SO_3, 18 SiO_2, 18,5 CaO, 6,5 MgO, 5 P_2O_5, 0,5 Fe_2O_3.

Die Färberscharte ist eine in Mittel-Gelbfärben und zur Darstellung des Schüttgelbes verwandt. Die grünen Teile der frischen (lebenden) Pflanze enthalten eine (nahezu) farblose Substanz, von Molisch Serratulan genannt, die erst postmortal unter der Einwirkung gewisser Stoffe (Alkalien) einen intensiv gelben Körper. Serratulin, liefert;

die *var. integrifolia* Pers. (= *var. lancifolia* Gray = *Serratula austriaca* Wiesb.) soll reicher an der Muttersubstanz des Farbstoffes sein [Molisch (308)].

158. **Xylindeïn.**

Der zu den Discomyceten (Scheibenpilzen) gehörende Pilz *Peziza aeruginosa* bildet, auf dem absterbenden Holze von Buchen, Eichen oder Birken wachsend, einen blaugrünen Farbstoff, der oft großen Holzblöcken ein dunkel blaugrünes Aussehen verleiht.

Fordos (1863) nannte den aus solchem Holze mit Säuren extrahierten Farbstoff Xylochloërinsäure.

Rommier (1868) extrahierte das Holz mit verdünnten Alkalilaugen und nannte den mit Säuren gefällten Farbstoff Xylindeïn.

Liebermann (309) extrahierte das Holz mit kaltem Phenol; der darin mit rein dunkelgrüner Farbe gelöste Farbstoff wurde durch Zusatz von Alkohol oder Äther in dunkelgrünen Flocken ausgefällt.

Durch Umkristallisieren aus Phenol erhält man kleine, vierseitige, kupferglänzende Plättchen, die an Glanz und Farbe dem Indigo gleichen. Sie sind in den meisten Lösungsmitteln unlöslich, von konzentrierter Schwefelsäure werden sie mit graugrüner, von Phenol und Anilin mit schön dunkelgrüner Farbe gelöst.

Nach Rommier bildet Xylindeïn mit Kalk und Magnesia grüne Lacke; mit Glukose und Alkali soll es sich wie Indigo zu einer Leukoverbindung reduzieren lassen.

Der Farbstoff fixiert sich direkt auf Wolle und Seide, wenn man die Stoffe in eine ammoniakalische, mit Essigsäure versetzte Lösung desselben bringt und auf 80° erwärmt. Man erhält eine bei künstlichem Lichte sehr lebhaft erscheinende, schön grünblaue Färbung.

Lacke aus Pflanzenfarbstoffen und Farbharze.

159. **Krapplack, Van Dyckrot, Rubenskrapp, Rembrandtkrapp, Bettkoberkrapp, Steinerkrapp.**

Echter Krapplack wurde aus dem Extrakt der Krappwurzel [Nr. 10] in ähnlicher Weise wie die anderen Lacke gewonnen. In Form granatroter Blättchen heißt er »kristallisierter Krapplack«.

Gebrannter Krapplack wird erhalten, indem man den gewöhnlichen Krapplack durch Erhitzen auf 150—160° wasserfrei macht; der Farbton wird dadurch violetter.

Krapplacke sind ausgezeichnet durch Leuchtkraft, Farbtiefe und Unverwüstlichkeit. Die Kunstmalerei des Mittelalters hat sie besonders gern gebraucht. Noch jetzt werden sie verwandt, weil einzelne Sorten — es sind dies hellrosa Lacke — an Transparenz und Lichtbeständigkeit den Kunstprodukten überlegen sind.

160. **Blauholzlacke, Brasilholzlacke.**

a) Blauholzschwarz (Blauschwarz, Campêcheschwarz, Diamantschwarz, Neutralschwarz, Tiefschwarz).

Lackbildner: Chromsäure bzw. Eisenoxydulsalze oder Eisenoxydsalze.

Färbung: Tiefblau bis bräunlichschwarz.

Darstellung: 1. Geklärte Blauholzabkochungen werden mit »salpetersaurem Eisen« und Ammoniak kalt gefällt, der Niederschlag wird nach dreitägigem Stehen ausgewaschen.

2. Blauholzextrakt in Wasser heiß gelöst, nach dem Abfiltrieren mit verdünnter Schwefelsäure versetzt und mit Kaliumbichromatlösung gefällt.

Eigenschaften: Unlöslich in Wasser und Alkohol. Säuren und Alkalien geben unter Zersetzung des Lackes gelbrote bis blutrote bzw. blutrote bis blauviolette Lösungen.

Der Lack ist sehr lichtbeständig; bei höherer Temperatur unbeständig.

Anwendung: Dient als Teig in Leim und anderen wässrigen Bindemitteln als Tapeten- und Buntpapierfarbe; im trocknen Zustande mit Firnis als Künstler- und graphische Druckfarbe (Blauschwarz); mit Öl oder Spritlack als Anstrichfarbe für Luxusartikel; ferner zum Färben von Leder, Bücherdeckeln, Zelluloidwaren, in der Zeugdruckerei usw.

Chemisch-analytischer Nachweis: Gibt mit Natronlauge eine blau violette Lösung.

b) Bronzelack.

Lackbildner: Chromsäure, Tonerde- und Zinnsalze (gegebenenfalls unter Mitwirkung eines Oxydationsmittels).

Färbung: Rötlich- oder bräunlichschwarz mit metallischem Glanz.

Darstellung: 1. Geklärte Blauholzabkochungen werden mit Tonerdesulfatlösung und dann mit Kaliumbichromatlösung versetzt, nach 12—15 Stunden mit Kreide oder Soda neutralisiert.

2. Geklärte Blauholzabkochungen werden mit konzentrierter Schwefelsäure und Zinnchlorid und sodann mit einer heißen Kaliumbichromatlösung versetzt.

c) Kalte Blauholzabkochungen werden mit einer Mischung von Zinnchlorid und Kaliumchlorat versetzt, auf 75° erwärmt und nach 1 Woche abgepreßt.

Bronzelack kommt nur als Teigfarbe in den Handel.

Eigenschaften: Unlöslich in Wasser und Alkohol, mit Säuren und Alkalien unter Zersetzung blutrote bzw. tiefblauviolette Lösung.

Sehr lichtbeständig; gegen höhere Temperatur unbeständig.

Anwendung: Dient in Leim- und anderen wässrigen Bindemitteln als Anstrich- und Druckfarbe bei der Herstellung von Tapeten, Buntpapieren usw.

Chemisch-analytischer Nachweis wie bei Blauholzschwarz.

Gelbe Pflanzenlacke: Gelbbeerenlacke und Querzitronlacke.

161. Gelbbeerenlack, Persisch Beerenlack, Gelber Kreuzbeerenlack, Stil de grain (Schüttgelb).

Lackbildner: Tonerde-, Eisen-, Zinn- und Kupfersalze.

Färbung: Hochgelb, feurig (mit Zinnsalz und Tonerdesalzen) bis bräunlich und grünlich gelb (mit Tonerde-, Eisen- und Kupfersalzen).

Darstellung: Kreuzbeerenauszüge werden in sodaalkalischer Lösung mit Tonerdesulfatlösung auf Substrate (Schwerspat, Gips, weißen Ton usw.) gefällt und das überschüssige Tonerdesulfat wird mit gelöschtem Kalk neutralisiert.

Man kann auch die alkalischen Auszüge mit Kreide vermischt solange mit Tonerdesulfatlösung versetzen, bis aller Farbstoff gefällt ist.

Die Lacke werden mit Zinn-, Kupfer- oder Eisensalzen nuanciert und kommen sowohl als Teig als auch in Pulver und Stücken in den Handel.

Eigenschaften: Unlöslich in Wasser und Alkohol, mit Säuren Zersetzung unter Entfärbung, mit Alkalien gelbbraune Lösung.

Sehr lichtbeständig, bei höherer Temperatur unbeständig.

Anwendung: Die Kreuzbeerenlacke (die eigentlichen Schüttgelbe) finden noch eine ausgedehnte Anwendung als Leim- und Kalkfarben in der Wand- und Dekorationsmalerei, in der Tapeten-, Buntpapier- und Spielwarenfabrikation, zum Färben von Papier (in der Masse), Leder, Seifen, Ölen, Fetten, Wachs usw. In der Buntfarbenfabrikation dient das Schüttgelb zum Vermischen mit anderen Farben, namentlich mit Chrom- und Olivgrünen. Mit grünen, blauen, violetten basischen Farbstoffen oder mit Berlinerblau, Schwärzen usw. kombiniert bilden sie eine Reihe olivgrüner und brauner Farblacke, die besonders in der Tapeten- und Buntpapierfabrikation eine reiche Verwendung finden.

Als Ölfarbe wird der Kreuzbeerenlack nur noch vereinzelt unter dem Namen »Stil de grain« verwandt.

Chemisch-analytischer Nachweis: Löslichkeit in Alkalien; auf Zusatz von Tonerdesulfatlösung fällt der Farbstoff wieder aus.

Schüttgelb kann auch aus einer Abkochung von Wau oder Querzitron oder von Gelbbeeren gemischt mit Querzitron und Lackmus gewonnen werden, die man mit Alaunlösung mischt und mit Kreidepulver ausfällt. Der zitronengelbe Lack wird noch vielfach als Malerfarbe verwandt.

162. Gelbholzlack, Querzitronlack, Querzitrongelb, Fisetholzlack, Fisetgelblack, Fisetlack, Gelber Lack, Schüttgelb, Stil de grain, ital. Lacca gialla chiara, franz. Laque jaune clair, span. Laca amarilla clara, engl. Yellow Lake light. — Bismarcklack, Bronzelack, Lederlack, Brauner Lack, franz. Laque de Gande, engl. Italian pink, Dutch pink, Lake Robert.

Lackbildner: Tonerde-, Zinn- und Kupfersalze, seltener Eisensalze.

Färbung: a) Querzitronlack: Mit Tonerdesalzen lebhaft hochgelb mit Grünstich, mit Zinnchlorür hochgelb und rötlichem Stich, mit Zinnchlorid bräunlich orange.

b) Flavinlack: Sehr feurig, hellzitronengelb (auch mit Zinnverbindungen).

c) Fisetlack mit Tonerdesalzen: Lebhaft hellzitronengelb mit Grünstich; mit Zinnverbindungen: Hell bis dunkel rötlichgelb.

d) Lederfarbe: mit Kupfersalzen: Tief bräunlichgelb mit Grünstich.

1. Querzitronlack.

Wässriger Querzitronextrakt wird mit einer Mischung von Zinnsalz- und Tonerdesulfatlösung versetzt und bei Siedetemperatur mit Sodalösung neutralisiert, wobei der Farbstoff ausfällt. Oder man fällt umgekehrt die geklärten alkalischen Auszüge der Querzitronrinde bei Siedetemperatur mit Alaun- oder Tonerdesulfatlösung.

Oder man kocht Querzitronextrakt $^1/_2$—$^3/_4$ Std. mit Alaun und neutralisiert mit Schlemmkreide allein oder mit Soda.

Wendet man statt Querzitronrinde das reine Flavin an, so erhält man wesentlich feurigere Lacke.

2. Fisetholzlack.

Die Darstellung unterscheidet sich von der des Querzitronlackes nur dadurch, daß man hier, um eine Gerbsäure-Abscheidung zu vermeiden, die Flotte nach der ersten Fällung meist 48—60 Std. in Bewegung halten muß.

Querzitron- und Fisetholzlacke kommen in Teigform in den Handel.

Eigenschaften: Unlöslich in Wasser und Alkohol, mit Säuren unter Zersetzung entfärbt, mit Alkalien gelbbraune Lösung.

Am Licht wenig beständig, gegen höhere Temperatur unbeständig.

Anwendung: Die Gelbholzlacke finden als Bismarck-, Leder- und Bronzelacke hauptsächlich in der Tapeten- und Buntpapierfabrikation Verwendung.

Chemisch-analytischer Nachweis: Wie Gelbbeerenlack [Nr. 161].

163. Rotholzlack (Amarantrot, Baltimorerot, Berlinerrot, Cäsarlack, Carmoisinlack, Florentinerlack, Karmesinlack, Kugellack, Marronlack, Mineralrot, Münchner Lack, Neurot, Persischrot, Purpurlack, Venezianerlack, Wienerlack, Wienerrot). Dahliarot, Granatlack, Cochenillerot.

Lackbildner: Tonerde- und Zinnsalze ev. arsenige Säure (Arsenik) mit Kaliumbichromat als Oxydationsmittel.

Färbung: Hellbläulich rosa, durch hochkarmoisin bis tief bläulich bordeauxrot (kirschrot), zuweilen auch orangerot, gelblich rosa oder tief purpurrot.

Darstellung: Rotholzlacke sind die sehr unterschiedlich nuancierten Farblacke des Fernambuk-, Marthen- und Sappanholzes, vielfach auch kombiniert mit den Farblacken des Querzitrons und der Kreuzbeeren oder des Gelbholzes.

a) Granatlack: Auszüge von Marthenholz werden mit Zinnchlorid und Kaliumbichromat versetzt, oder man fällt die Auszüge mit einer heißen Lösung von Kaliumalaun, Zinnchlorid und Kaliumbichromat.

b) Marronlack (Dahlialack): Durch Fällen der Auszüge von Fernambukholz mit einer Lösung von Alaun, Zinnchlorid und Kaliumbichromat, sowie Neutralisieren mit Schlemmkreide erhalten.

c) »Cochenillelack«: Die Auszüge von Rotholz und Kreuzbeeren werden mit Zinnchlorid und Kaliumbichromat gefällt und danach Weizenstärke zugesetzt.

d) Purpurlack: Rotholzauszüge werden mit Zinnchlorid und Kaliumbichromat gefällt und dann wird ein mit Zinnchlorid, Alaun und Salmiakgeist gefällter Kreuzbeerenauszug hinzugefügt. Statt des Kreuzbeerenlackes können auch Querzitron-, Fisetholz- oder Flavinlacke zugesetzt werden.

Alle Rotholzfällungen sind kalt vorzunehmen.

Substrate sind: Kreide, Gips, Tonerdehydrat, Schwerspat, Stärke usw. Arsenik dient namentlich als Avivierungs-, seltener als Fällungsmittel.

Eigenschaften: Löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol, mit Säuren unter Zersetzung gelbe bis orangerote trübe Lösung, mit Alkalien teilweise Lösung mit braunroter Farbe.

Am Licht und gegen höhere Temperatur unbeständig.

Anwendung: Die teigförmigen Rotholzlacke dienen in wässrigen Bindemitteln als Tapeten- und Buntpapierfarben, im trocknen (pulverförmigen) Zustande mit Firnis als Künstler- und graphische Druckfarben, mit Öl oder Spritlacken als Anstrichfarbe für Luxusartikel, ferner als Dekorations-, Kalkanstrichfarben usw.

Rotholzlacke kommen außer in Teig- oder Pulverform auch in Stangen, Stücken, Brocken und in Form von Kugeln in den Handel.

Chemisch-analytischer Nachweis: Die braunrote alkalische Lösung gibt, mit Mineralsäure übersättigt, schwache, rötlichgelbe, flockige Fällungen.

164. Orleanlack, Terra orleana. Der Auszug des Orlean [Nr. 148] mit Natronlauge gibt mit Alaun einen gelben Lack, der Sodaauszug mit Alaun einen orangeroten Lack (Orleanlack).

165. Orseillelack, Orseillekarmin, Pourpre Française, Französischer Purpur, ist der Kalklack aus ammoniakalischer Orseillelösung mit Chlorkalzium.

Nach anderen Angaben wird Französischer Purpur durch Versetzen der ammoniakalischen Orseillelösung [Nr. 133] mit Salzsäure, Lösen des Niederschlages in Ammoniumhydroxyd, Erwärmen auf 75° und Ausfällen des Farbstoffes mit Schwefelsäure (oder Weinsäure) erhalten.

166. Cochenille, Cochinille, Cochinella, Koschenille, lat. coccionella, engl. cochineal, franz. cochenille, ital. cocciniglia, span. cochineal, besteht aus den getrockneten Weibchen der in Mexiko und Zentralamerika (Guatemala und Honduras) einheimischen, in Südamerika, West- und Ostindien, auf Java, am Kap, sowie in Algerien, auf den Kanarischen Inseln (Teneriffa) und in Spanien gezüchteten Cochenillelaus (Nopalschildlaus, Coccus cacti) aus der Ordnung der Halbflügler und der Familie der Schildläuse (Coccidae).

Die Tiere leben auf verschiedenen Arten eines mexikanischen Kaktus der Gattung *Opuntia,* namentlich auf *O. decumana* Haw., der sogenannten Nopalpflanze (*Nopalea coccinellifera* S.-Dyck) oder Fackeldistel, sowie auf *O. coccinellifera, O. cactus, O. tucca* und *O. monacantha,* die in den Tropen in großen Plantagen angebaut werden.

Der Nopal oder die Fackeldistel wächst teils wild, teils wird er in Plantagen (engl. Nopaleries) angebaut. Er ist eine fette, aus aufrecht stehenden Gliedern bestehende Pflanze von länglich eiförmiger Gestalt, abgeplattet und mit wenigen, bürstenförmig vereinigten Stacheln besetzt und erreicht eine Höhe von 2—3 m. Die Blüten sind klein, gelblich oder rötlich gefärbt und mit langen Staubfäden versehen. Die Früchte sind rötlich, feigenähnlich, mit vielen kleinen Stacheln besetzt.

Die Weibchen der Cochenille-Schildlaus werden kurz vor der Zeit des Eierlegens gesammelt und getötet, oder es geschieht dies mit den für die Zucht bestimmten, nachdem sie Eier gelegt haben.

Das Töten wird in Mexiko von den kleinen Cochenillezüchtern durch Eintauchen der in einen Sack gebrachten Tierchen in heißes Wasser ausgeführt, auf den größeren Cochenilleplantagen jedoch häufiger durch Einstellen der in geschlossene Körbe gefüllten Tiere in stark geheizte Räume, z. B. in Backöfen.

Sowohl die Periode, in der die Tiere gesammelt werden, als auch die Art der Tötung hat Einfluß auf das Aussehen der Cochenille. Zur Zeit der Eierausscheidung bildet sich an der Bauchseite des Tierchens ein grauer, flockiger Staub, der die Eier einhüllt. Die zu dieser Zeit durch trockne Hitze getöteten Tierchen sind von beiden Seiten konvex und haben eine silbergraue Farbe; man nennt diese Cochenille Jaspeada. Durch Eintauchen in heißes Wasser wird etwas Farbstoff ausgezogen, der sich beim Trocknen auf der Oberfläche des Tierchens abscheidet und ihm eine braunrote Farbe gibt; diese Sorte heißt Renegrida, oder im Englischen »foxy« (fuchsig). Nach der Absonderung der Eier sollen die zur Zucht bestimmten Schildläuse von den Landwirten durch Blasen von dem grauen Staube (der wie Warren de la Rue meinte, nur aus Exkrementen des Tieres besteht) befreit werden, da man ihn der Entwicklung der Jungen für nachteilig hält. Nach dem Auskriechen der Jungen werden die Weibchen gesammelt und getötet; sie haben eine schwarze Farbe (Negra) und schalige Form.

Aus der Farbe der Cochenille kann man nicht auf ihre Güte schließen.

Man unterscheidet in Mexiko und Zentralamerika zwei Spielarten:

Zahme oder feine, grana fina oder grana mesteque (domestica?), die größeren in den Nopalplantagen gezüchteten Tiere, wertvoller und an Farbstoff reicher, sowie wilde oder Wald-Cochenille, grana silvestra, die weniger geschätzt ist; die sogenannte granilla scheint solche wilde Cochenille zu sein.

Eine Nopalpflanzung von 1 ha liefert ungefähr 300 kg Cochenille. 140 000 Insekten geben 1 kg trockene Cochenille.

Man reinigt die in Suronen (oder Seronen), d. h. in mit Binsen oder Leder bedeckten Säcken von 75—80 kg aus Mexiko, Honduras, Lima usw. nach Europa gebrachte Cochenille in den Seehäfen, die den Zwischenhandel betreiben, so namentlich in London durch Sieben. Die sogenannten Garblings sind die aus Trümmern der Tierchen bestehenden abgesiebten Teile.

Die besten Cochenillesorten sind Honduras-Cochenille, und zwar:

1. Schwarze oder Zacatill-Cochenille (Zacatilla), schwärzlich rotbraun glänzend und

2. Silberfarbene Cochenille, die auf der ganzen Oberfläche mit einem weißlichen, seidenglänzenden Überzug bedeckt ist.

Erstere stellt eine bessere Qualität dar und wird neben Madras-Cochenille am meisten angewandt.

Die scheiben- und herzförmigen Teile des Kaktus scheinen von einem dichten Schimmel überzogen zu sein, ebenso wie die Cochenilleweibchen. Dieser Schimmel besteht aus in Benzol fast vollkommen löslichen Wachsfäden. Ebenso sind die Kokons, aus denen die männlichen Insekten ausgeschlüpft sind, fast ganz aus diesem Wachs gearbeitet.

Schon lange vor der Entdeckung Amerikas wurde die Cochenille in Mexiko von den Eingeborenen benutzt und gezüchtet.

1525 gab Lopez de Gomara und 1632 Plumer eine Beschreibung des Insekts, doch wurde die Cochenille noch lange Zeit für ein vegetabilisches Produkt angesehen, bis endlich 1729 die Berichte über die Reise des Holländers Runscher nach Mexiko diese irrtümliche Ansicht beseitigten.

Mexiko besaß lange Zeit das Monopol in der Cochenillezucht, ebenso Guatemala und Honduras.

Die spanische Flotte brachte jährlich 2000—3000 Seronen Cochenille jedem einzelnen der Großhandelshäuser in Amsterdam. 1835 betrug die Einfuhr von Cochenille nach Europa 880 000 Pfund im Werte von ungefähr 150 000 Goldfrancs.

Die Einfuhr von Cochenille in Hamburg betrug:

im Jahre	1885	1030	Seronen	(ungefähr 82 400 kg)
„ „	1896	1200	„	
„ „	1897	750	„	
„ „	1898	940	„	(ungefähr 75 200 kg)

Im Jahre 1830 wurde die Cochenillekultur nach Spanien und den Kanarischen Inseln, nach Algerien und nach Java verpflanzt.

Die Canarien-Cochenille, die aus Cadix über Marseille in den Handel kam, war teurer als die mexikanische, die Javasorte dagegen war von geringerem Wert.

Die Droge dient zur Gewinnung mehrerer Handelspräparate, die früher als Beizenfarbstoff in der Färberei von Seide und Wolle in großem Umfange gebraucht wurden, jetzt aber fast völlig durch die weit billigeren, ähnlich färbenden Azofarbstoffe verdrängt sind.

Das färbende Prinzip der Cochenille ist das Alkalisalz der Karminsäure; daneben enthält die Cochenille leimartige, ferner wenig anorganische und ein von C. Liebermann (310, 311, 312) untersuchtes Wachs Coccerin,

$$C_{30}H_{60}(C_{31}H_{61}O_3)_2,$$

vom Schmelzpunkt 106°, gewonnen durch Extraktion der Insekten mit Benzol.

Karminsäure, $C_{22}H_{22}O_{13}$, wurde zuerst von Warren de la Rue (313) dargestellt, nachdem Pelletier und Caventon (314) die erste Untersuchung des Cochenillefarbstoffes veröffentlicht hatten.

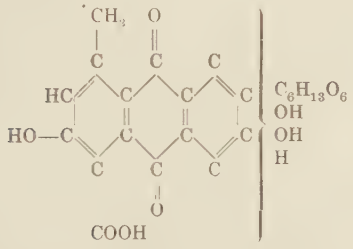
Sie bildet große, granatrote, scharf abgeschnittene Prismen, die im durchfallenden Lichte orangerot erscheinen, schwer löslich in kaltem Wasser und in Alkohol, sehr schwer in Äther, unlöslich in Chloroform und Benzol, leicht mit karmoisin-

roter Farbe in Alkalien. Beim Erhitzen auf 145° verlieren sie ihre Wasserlöslichkeit.

Zur Darstellung fällt man den wässrigen Auszug der Cochenille mit Bleizucker, verreibt das Bleisalz mit Alkohol und zersetzt es mit der genau nötigen Menge Schwefelsäure. Diese Operationen wurden mehrmals wiederholt. Die Lösung wird bei niedriger Temperatur verdunstet. Man kristallisiert aus 4 Teilen Eisessig und wäscht die abgeschiedenen Nadeln mit verdünntem Alkohol und Äther aus. E. Schunck und Marchlewski (315), M. v. Miller und Rhode (316) und C. Liebermann, P. Hörnig und F. Wiedermann (317).

Die Verbindung ist eine Säure; sie gibt mit Tonerdesalzen bläulichrote, mit Zinnsalzen scharlachrote, mit Bleiazetat blauviolette, mit Uransalzen grüne Fällungen.

Um die Aufklärung der Konstitution der Karminsäure haben sich besonders C. Liebermann und seine Mitarbeiter, sowie O. Dimroth verdient gemacht. Am wahrscheinlichsten ist zurzeit folgende Formulierung:



Karmin, die feurigste hochrote Farbe, die man früher kannte, ist nach C. Liebermann die proteïn(Sticktoff-)haltige Tonerdekalkverbindung der Karminsäure (s. oben) und entsteht als feines Pulver durch Fällung des heißen wässrigen Cochenilleauszuges mit Alaun.

Ähnliche Niederschläge erhält man mit saurem Kaliumoxalat, Weinstein und Zinnsalz usw.

Die beste Sorte ist der Carmin nakarat, leicht zerreiblich, sehr leicht trockne Stücke, unlöslich in Alkohol und Äther, löslich in konzentrierter Salzsäure oder Schwefelsäure.

Die feinen Karmine werden noch heute vielfach als Aquarellfarbe, zum Färben mikroskopischer Präparate, von Zuckerwaren und Nahrungsmitteln, zur Herstellung von Schminke usw. gebraucht. Ein guter Karmin soll nur geringe Menge Asche enthalten, die zumeist aus Tonerde und etwas Kalk besteht.

Feuchtigkeit findet man durch Trocknen der Substanz bei 100°; der Gehalt an proteïnartigen Substanzen ergibt sich aus dem Stickstoffgehalt. Mineralische Bestandteile und Stärke bleiben beim Auflösen in Ammoniak unlöslich zurück.

Über die Verfälschungen mit Teerfarbenpräparaten vgl. C. Valenta »Die bunten Druckfarben. Halle 1914«.

Karminlack (Florentiner-, Wiener-, Pariser-, Münchner-, Venezianer-, Kugellack; Neurot, Karmoisinrot, Karmoisinlack, Groseille- und Ponceau-Laque) ist eine Verbindung des Cochenillefarbstoffes mit Tonerdehydrat.

Zur Darstellung kocht man Cochenille mit Alaun und Wasser, filtriert und fällt mit Sodalösung.

Zur Nuancierung ins Scharlachrote dient ein kleiner Zusatz von Zinnsalz. Die Farbe des Lackes ist feurig, unempfindlich gegen Schwefelwasserstoff, aber nicht besonders lichtecht.

Mischlacke sind:

Cochenillekrapplacke, hergestellt durch Niederschlagen von Karminlacken auf frisch gefällten Alizarinlacken, lebhaft scharlachrot, sehr echt.

Cochenillerotholzlacke, durch Behandeln von Rotholzlack mit Cochenilleabkochung gewonnen, sehr lebhaft rot, weniger lichtecht.

Münchnerlacke sind Karminlacke, die auf Zinnober niedergeschlagen sind.

Cochenillescharlach ist der Zinnlack des Farbstoffes. Die Farbe wird an Schönheit und Echtheit von keiner mit anderen Farbstoffen erzeugten übertroffen.

Präparierte Cochenille oder ammoniakalische Cochenille (cochenille ammoniacale), früher vielfach in der Färberei gebraucht, entsteht durch Einwirkung von Ammoniak auf gepulverte Cochenille.

Anwendung der Cochenille in der Färberei:

Cochenille dient in der Färberei zur Erzeugung scharlachroter Töne. Besonders in der Wollfärberei war sie vor der Entdeckung der roten Azofarbstoffe fast die einzige hierfür verwandte Substanz. Die schönsten scharlachroten Nuancen werden auf Zinnoxydbeizen erzielt, indem man die Wolle mit einer wässrigen Cochenilleabkochung (oder indem man direkt zerkleinerte Cochenille ins Färbebad bringt), Zinnchlorür und Oxalsäure erwärmt. Ohne Oxalsäure (oder Weinstein) werden geringere, bläuliche Nuancen erhalten.

Neben dieser »Einbad-Methode« kam auch die andere zur Verwendung, bei der die Wolle zuerst mit Zinnchlorür und Weinstein gebeizt und dann erst mit Cochenille gefärbt wurde.

Zur Herstellung gelblicher Töne kann beliebig mit Querzitron, Wau oder Gelbholz nuanciert werden. Auf Tonerdebeize wird ein Carmoisin (Violett) erzeugt.

Ammoniakalische Cochenille wurde zur Herstellung von Carmoisin (auf Zinn) und von bläulichem Rosa (auf Tonerde) benutzt.

Da der Eisenlack der Cochenille schwärzlichgrau ist, so müssen in der Färberei eiserne Gefäße sowohl wie eisenhaltige Beizen, Wässer usw. sorgfältig vermieden werden.

Auf Uran färbt Cochenille nach Nölting grün.

In der Seidenfärberei wurde Cochenille für Carmoisin, wozu die Seide mit Alaun, für Scharlach, wozu sie mit Chlorzinn und Weinstein gebeizt wurde, verwandt.

Auch ammoniakalische Cochenille wurde für Seide gebraucht.

Cochenillerot auf Wolle ist sehr lichtecht, verträgt aber Seifen nicht besonders, dagegen läuft (»blutet«) es nicht.

In der Baumwollfärberei fand Cochenille nur sehr beschränkte Verwendung, dagegen wurde sie in der Kattundruckerei viel benutzt für Dampffarben (als Albuminfarben), doch waren diese Färbungen nur wenig echt.

167. Kermes, Alkermes.

Kermes wurde früher wie Cochenille als ein Pflanzenprodukt betrachtet, daher fälschlicherweise Kermesbeeren, graines de kermes, vermillon végétal genannt.

Er entstammt gleich der Cochenille einer Schildlaus (Coccus ilicis), die ursprünglich aus Persien stammend, durch die Araber nach Spanien gebracht und dort gezüchtet wurde.

Es finden sich eine Menge von Arten dieses Insektes; die in der Färberei gebrauchte ist diejenige, die im südlichen Frankreich, Spanien, Portugal und besonders in Marokko, Algier, Oran usw., hauptsächlich auf der Steineiche (Ilex) und der Kermeseiche (*Quercus coccifera* L.) lebt. Dieses Tierchen (auf Candia Coccus baphica genannt) sucht aber oft auch andere Pflanzen auf, und zwar in solcher Menge, daß diese ganz davon bedeckt erscheinen. Die Weibchen haften an den Bäumen vermöge eines ihnen eigenen flockigen, wolligen Überzuges; ihre im trächtigen Zustande kugelrunde Form scheint zu dem Mißverständnisse, es seien Beeren der Pflanze, Veranlassung gegeben zu haben.

Die Größe der Kermestierchen steht zwischen einem Pfeffer- und Erbsenkorne. Die Farbe ist braun, das Aussehen staubig.

Es soll nach Lassaigne neben Neutralfetten und Aschebestandteilen Karmin, d. h. der Farbstoff der Cochenille, auch im Kermes enthalten sein.

Der Kermes färbt stets gelblichrot.

Die Färberei mit Kermes war schon im grauen Altertume im Orient bekannt und diente zur Erzeugung einer Art Purpur.

Nach Tychsen [Bancroft (318)] war Kermes schon vor Moses bekannt und wahrscheinlich eine Erfindung der Phönizier in Palästina; die hebräische Bezeichnung ist »tola« oder »tolaschani«.

Bei griechischen und römischen Autoren wird er häufig als coccus erwähnt. Nach Plinius, der ihn coccigranum nennt, hat man zur römischen Zeit bereits damit Purpurfarbe hergestellt; die Spanier sollen mit Kermes die Hälfte ihres Tributes dem römischen Volke bezahlt haben. Als dann die Kunst des Färbens mit der Purpurschnecke verloren gegangen war, wurde besonders Ker-

mes hierfür benutzt; man nannte ihn verminculus (Würmchen); das Wort Kermes soll die arabische Übersetzung dieses Namens sein.

In Indien benutzte man Kermes viel zum Färben der Seide.

Im Mittelalter war der Kermes in Europa hochgeschätzt; nach Hellot wurden die alten Brüsseler und flämischen Wandbehänge damit gefärbt [vgl. Bancroft (319)].

Der berühmte Venetianer Scharlach (écarlate de Venise) wurde damit hergestellt.

Die Handelsdroge ist braun, staubig; die Hauptausfuhrländer waren: Marokko, Algier und Oran.

Man unterschied früher zwei Handelssorten:

1. Kermes aus der Provence und 2. spanischen Kermes.

Nach der Entdeckung Amerikas verdrängte die Cochenille den Kermes mehr und mehr, doch wurden 1856 noch 22 130 kg in Frankreich eingeführt.

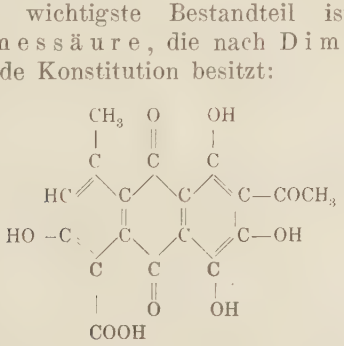
Über die Verwendung in früherer Zeit siehe W. v. Miller (320).

Der Farbstoffgehalt der Droge übersteigt kaum 1 %.

Erst R. Heise (321) isolierte den Farbstoff in reiner kristallinischer Form und untersuchte Löslichkeit und Spektrum.

O. Dimroth (322) und O. D. und W. Scheurer (323) sowie O. D. und R. Fick (324) klärten die Konstitution im wesentlichen auf.

Der wichtigste Bestandteil ist die Kermessäure, die nach Dimroth folgende Konstitution besitzt:



Im Kermes ist in geringer Menge ein zweiter, schön kristallisierender Farbstoff Flavokermessäure, $C_{13}H_8O_6$, enthalten.

Das Wachs des Kermes ist Cerotinsäurecerylester [A. E. Scherndal (325)], das Fett ein Glyzerinfettsäureester.

Heutzutage wird Kermes als Farbstoff nicht mehr verwandt, nur in der Türkei soll er noch zur Färbung der nationalen Kopfbedeckung, des Fez, gebraucht werden.

Reine Kermessäure färbt Wolle aus saurem Bade orange, auf Zinnbeize scharlachrot, auf Tonerdebeize prächtig bordeaux.

Deutsche oder Wurzelcochenille, deutscher oder Wurzelkermes.

Schon im frühesten Mittelalter kannte man im nördlichen Deutschland und in Polen die Verwendbarkeit eines cochenilleartigen Insektes (deutsche Kermesschildlaus), die die deutsche oder polnische Cochenille, auch deutscher oder Wurzelkermes genannt, lieferte, weil das Insekt nicht, wie beim levantinischen Kermes, von den Blättern, sondern von den Wurzeln verschiedener Pflanzen gesammelt wurde, namentlich von *Scleranthus perennis* (»Knauel«, Scleranthee), die auf trocknem, sandigem Boden wächst.

Das Insekt, welches im Juni gesammelt wurde, war von purpurvioletter Farbe. Es fand sich auch auf den Wurzeln vom Weggras, Wegtritt, Dünnkraut: *Parietaria; Herniaria glabra* L., Kahles Bruchkraut und *H. hirsuta* L., Bruchkraut (Fam. Caryophyllaceae); *Hieracium pilosella* (Fam. Compositae); *Potentilla tormentilla* Schrk. (*P. silvestris* Neck., *Tormentilla erecta* L., *Tormentilla officinalis* Sm.), Blutwurzel (Fam. Rosaceae, Unterfam. Rosoideae); *Pimpinella saxifraga* L. und *P. magna* L. (Fam. Umbelliferae) usw.

Der deutsche oder Wurzelkermes war früher hochberühmt und diente in ausgedehntem Maße zur Herstellung von Scharlachfärbungen. Die leibeigenen Bauern mußten ihrem Herrn eine bestimmte Menge davon abliefern. Zur Zeit der Hohenstaufen war die Scharlachfärberei in Deutschland bereits so hoch entwickelt, daß Heinrich der Löwe dem griechischen Kaiser Scharlachkleider zum Geschenk machen konnte.

Zum Färben von ein Pfund Seide brauchte man 8—10 Pfund märkischen oder 10—12 Pfund levantinischen Kermes, ein Umstand, der für die Güte des deutschen Kermes Zeugnis ablegt.

Da das Produkt nur wenig Farbstoff enthielt, konnte es später mit der Cochenille nicht in Wettbewerb treten.

168. Lac-Dye, Lack-dei, Lack-Lack, Lac-Lac, Färberlack.

Verwandt mit dem Farbstoff der Cochenille-Schildlaus ist der Farbstoff Lacca oder Gummilack (engl. Lac-dye), auch Gomme-Lacke, Gumlack, Resina Laccae, Gummi Laccae, der als Harz (Stocklack, Körnerlack, Klumpen- oder Blocklack) seit alters bekannt und technisch wichtig ist. Er wird auf Schellack (Lacca alba, L. in tabulis) und Lac-dye (roter Farbstoff) oder seltener auf Lac-Lac (früher als Farbstoff) verarbeitet.

Das Harz entsteht aus den jungen Trieben verschiedener ostindischer Bäume, vor allem der Euphorbiacee *Aleurites laccifera* Willd. (*Croton l.* L. = *C. aromaticus* L.) — Vorder- und Hinterindien, Molukken, Antillen — infolge des Stiches der befruchteten weiblichen Lackschildlaus (Coccus lacca Kerr. oder ficus). Das ausfließende Harz wird allmählich fest, worauf es die Larven durchbrechen und auskriechen.

Diesen Stichlack (stick lac) liefern auch andere Arten:

Schleichera trijuga Willd., *Ficus laccifera* Roxb., *F. religiosa* L., *F. indica* Vahl., *F. bengalensis* L., *Urostigma rubescens* Miqu., *Butea frondosa* Roxb., *Anona squamosa* L., *Zizyphus jujuba* Lam.

Das Harz ist bisweilen gefärbt durch den oben erwähnten Farbstoff Lacca, der über Italien nach Deutschland gelangte und im Mittelalter ein kostbarer und geschätzter Farbstoff war, der aber durch Einführung des Cochenillefarbstoffes seine frühere Bedeutung gänzlich verloren hat.

Darstellung: Gummilack wird mit Soda- oder Pottaschelösung ausgezogen, dann mit Alaun versetzt, wodurch der Farbstoff, an Tonerde gebunden, ausfällt.

Reinigung: Man löst in Schwefelsäure, wobei das Harz zurückbleibt, und fällt mit Alkalien, wodurch der Tonerdelack wieder ausfällt.

Stoffliche Zusammensetzung: Hauptbestandteil Lakkainsäure $C_{18}H_{12}O_8$ (2% der Ware).

Der Farbstoff des Lac-Dye, die Lakkainsäure kristallisiert in Täfelchen oder in Krusten, löst sich in Alkohol, Holzgeist, Azeton, Essigsäure, schwerer in Wasser und zersetzt sich bei 180°.

Lac-Lac wird gewonnen durch Ausziehen des Körnerlackes (rohen Schellacks) mit Soda- oder Pottaschelösung und Versetzen mit Alaun. Der Farbstoff wird — an Tonerdehydrat gebunden — niedergeschlagen. Das in ihm enthaltene Harz ist an Tonerde in Form einer Seife gebunden. Lac-Lac kommt in Würfelform in den Handel.

Das reinere Produkt Lac-Dye wird als Nebenprodukt der Schellackfabrikation in Indien gewonnen. Es kommt in Form von großen Brocken, in kleinen Tafeln und als Pulver in den Handel und sieht tief dunkelbraun bis fast schwarz aus. Lac-Dye dient in der Wollfärberei zur Scharlachfärbung und gibt mit Zinnsalz ziemlich feurige Nuancen, die haltbarer als Cochenillefärbung, aber weniger lebhaft sind.

Die freie Lakkainsäure wird durch Zersetzung der Lacke durch Erwärmen mit verdünnter Mineralsäure gewonnen. 1 kg Lac-Dye liefert bestenfalls 20 g reinen Farbstoff. Alkalien bewirken intensive fuchsrote Fällung. Eisenchlorid gibt Schwarzfärbung ohne Fällung.

169. Gummigutt, Gutti, ital. gommagotta, franz. gomme gutte, span. gomaguta, engl. gamboge, gum guttae. Morphologische Zusammensetzung und Abstammung: Erstarrtes Sekret der Innenrinde, das durch künstlich erzeugte Wunden ausfließt; man läßt den Milchsaft in Bambusröhren einfließen und erstarren.

Es ist das Gummiharz von folgenden Vertretern der Familie Guttiferae: *Garcinia morella* Desr. (*G. pictoria* Rxb., *Mangostana M.* Gärtn.) Ostindien, Malaiische Inseln, liefert Gummiguttharz, Gummi-Resina Gutti, off. D A IV, besonders von der Varietät *β-pedicellata* Hanb. (*G. Hanburyi* Hook), ähnlich auch von anderen *Garcinia*-Spezies:

G. cochinchinensis Chois, *G. travancoria* Bedd. u. a.

Seit ungefähr 1600 in Europa eingeführt.

Handelssorten: a) nach der Herkunft: Ceylon, Hinterindien (Siam, Kambodscha, Singapur);

b) nach der Form: Kuchengummigutt und Röhrengummigutt (in Bambusrohren aufgefangen).

Chemische Zusammensetzung: Gummi 15—23%, Harz (Gummiguttgelb oder Gambogiasäure) 77—86%, Wasser 5%, Asche 0,5%, Wachs.

Eigenschaften: Das dichte, homogene, leicht und muschlig brechende Harz ist undurchsichtig, rotgelb gefärbt und gibt ein intensiv gelbes Pulver. Es ist geruchlos, schmeckt aber kratzend und brennend. Erweicht bei 100° ohne zu schmelzen; gibt mit Wasser eine gelbe Emulsion, ist unlöslich in Alkohol, in Äther nur zum Teil löslich.

Verwendung: Technischer Rohstoff zu Firnissen. Als Ölfarbe kaum mehr gebraucht, da es löslich ist, also durchschlägt. Als Malerfarbe (gelbe Aquarellfarbe) giftig; an der Luft, insbesondere bei Anwesenheit von Ammoniak, dunkelt es nach.

170. Drachenblut, Sanguis Draconis, franz. sang de dragon, engl. dragon's blood.

Morphologische Zusammensetzung und Abstammung: Unter dem Sammelnamen »Drachenblut« wird eine Anzahl einander ähnlicher Baumharze von dunkelbrauner Farbe zusammengefaßt, die von verschiedenen Pflanzen, insbesondere Palmen, Calamus-Arten stammen und hauptsächlich in Hinterindien, auf den Molukken und auf Sumatra gewonnen werden. Das Harz scheidet sich entweder in Körnern an den Früchten aus als Sekret zwischen den Fruchtschuppen in haselnußgroßen Kugeln, oder es entquillt der Rinde der zu diesem Zwecke verwundeten Baumstämme.

Sorten: Das feinste Produkt kommt in Form von haselnußgroßen Kugeln (Tränen) — »in lacrimis« —, die in Palmenblätter eingewickelt sind, in den Handel. Mitunter wird das Produkt erwärmt und in Stangen gepreßt bzw. aus Rückständen in unreiner Form zusammengeknetet; man hat dann Stangen (»in bacillis«), flache Kuchen (»in massis«, Kuchendrachenblut), oder ganze Kisten ausfüllende Massen.

Eigenschaften: Das beste Drachenblut stellt eine homogene, tiefrote, fast schwärzliche, undurchsichtige, geruchlose, etwas süßlich schmeckende Harzmasse dar; löst sich schwer in Äther und Terpentinöl, leicht in Alkohol, Benzol, Chloroform, Alkalien, Ölen und Essigsäure und enthält bis zu 90% eines tiefroten Harzes.

Abstammung: *Calamus draco* Willd. (*Daemonorops draco* Bl.), Rotang, Fam. Palmae, Hinterindien, Molukken, Sundainseln, Sumatra. Fruchtsaft liefert ostindisches bzw. sumatranisches Drachenblut, Palmendrachenblut, *Sanguis* oder *Resina Draconis,* seit 18. Jahrhundert in Europa bekannt. Fast ausschließlich Palmendrachenblut des europäischen Handels.

Auch andere Calamus-Arten, wie *C. scipionum* Lour., *C. niger* W. und *C. rotang* L. (spanisches Rohr) sollen dieses Drachenblut liefern.

Familie Liliaceae:

Dracaena draco L. — Ostindien, Kanarische Inseln — Kanarisches Drachenblut;

— *australis* u. *Dr. rubra* Norh.;

— *cinnabari* Balf. — Sokotra — Sokotrinisches Drachenblut;

— *ambet* Kotch — Afrika — Sokotrinisches Drachenblut (»Vera«);

— *shizantha* Back. — Sokotrinisches Drachenblut (»sicut dicto«);

— *Boerhavi* Ten.

Das Drachenblut der alten Griechen und Römer sowie des Mittelalters war sokotrinisches und kanarisches.

Familie Leguminosae. *Pterocarpus draco* L. — Westindien — liefert Westindisches Drachenblut (Drachenblut von Carthagena), vielleicht mit dem Jamaicensischen Drachenblut übereinstimmend.

Familie Euphorbiaceae: *Croton draco* Schlecht — Mexiko — liefert Mexikanisches Drachenblut.

Croton gossypifolium — Drachenblut von Venezuela und Kolumbia.

Handelssorten: Indisches oder ostindisches, sumatranisches oder Palmendrachenblut (Sumatra, Molukken, Hinter-

indien); ferner kanarisches, mexikanisches, westindisches und südamerikanisches Drachenblut.

Zusammensetzung des ostindischen Drachenblutes: Weißes und gelbes Harz (Dracoalban 2,5% und Dracoresen 13,5%), rotes Reinharz (Resinotannolester der Benzoesäure) 50—60 %, ätherunlösliches Harz 0,3 %, Phlabophene 0,03 %, Asche 8—10 %, pflanzlicher Rückstand 8,4%.

Verwendung: Das Drachenblut wird vorzugsweise in der Harz- und Lackindustrie, und zwar wohl besonders wegen seiner roten Farbe und seines Glanzes verwandt. Es dient zur Herstellung feiner Möbelpolituren, Firnisse, auch von Pigmentpapier, Toiletteartikeln, in der Pharmazie zur Bereitung roter Pflaster. In neuerer Zeit wird es auch viel zum Nachweis von Benzol in Benzinderivaten bei der Dieterich'schen Dracorubinprobe (Prüfung mittels Dracorubinpapier) benutzt). Das Reinharz (Dracorubin) des Drachenblutes ist in Benzin völlig unlöslich, in Benzol dagegen mit roter Farbe leicht löslich.

C. Literatur.

I. Allgemeines.

a) Badische Anilin- und Sodafabrik Ludwigshafen a. Rh., Indigo rein BASF.
b) Biochemisches Handlexikon (E. Abderhalden) Bd. VI: Die Farbstoffe des Pflanzen- und Tierreiches. Berlin 1911.
c) P. Brigl, Die chemische Erforschung der Naturfarbstoffe. Braunschweig 1921.
d) F. W. Neger, Grundriß der botanischen Rohstofflehre. Stuttgart 1922.
e) A. G. Perkin and A. E. Everest, The Natural Organic Colouring Matters, London 1918.
f) V. Pöschl, Farbwarenkunde. Leipzig 1921.
g) H. Rupe, Die Chemie der Natürlichen Farbstoffe, I. u. II. Teil. Braunschweig 1900 u. 1909.
h) G. Schultz, Farbstofftabellen, 6. Aufl., Bd. I. Berlin 1923.
i) F. Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie. Berlin u. Wien.
k) C. Wehmer, Die Pflanzenstoffe. Jena 1911.
l) R. Willstätter und A. Stoll, Untersuchungen über Chlorophyll. Berlin 1913.
m) G. Zerr und R. Rübenkamp, Handbuch der Farbenfabrikation. Berlin 1909.

II. Besondere Hinweise.

1. Mylius, Habil.-Schr. Freiburg 1885.
2. Combes, C. R. **141** (1905), 838.
3. Graebe u. Liebermann, Ber. Chem. Ges. **2**, 14.
4. Rochleder, Ann. (1851) **80**, 324.
5. Liebermann u. Bergami, Ber. Chem. Ges. **20** (1887), 2241.
6. Schunck u. Marchlewski, J. Soc. Chem. Ind. **63** (1893), 969, 1137.
7. Rochleder, Ann. (1851) **80**, 327.
8. Schunck, Ann. **66**, 174; **87**, 344.
9. Watt, Dictionary of the Economic Products of India, Bd. **6**, 571.
10. Duchesne, Repertoire des plantes utiles, Paris 1836.
11. Dymock, The vegetable Mat. medica of Western India. Bombay u. London.
12. Heber-Drury, The useful plants of India, Madras 1858.
13. Ann. **238** (1900), 427.
14. Chem. Soc. Trans. (1913) 103, 2006.
15. Loureiro, Flora Cochin. I, 229.
16. Paschkis, Z. österr. Apoth. Ver. (1879) 433.
17. Hartwich, Die neuen Arzneidrogen, 193.
18. Netolitzky, Anatomie der Dikotyledonenblätter, II, 214.
19. Semler, Trop. Agrikultur, 1. Aufl., II, 534.
20. A. Giu, Le Henné, Paris 1909.
21. Wiesner, Rohst. 1. Aufl., 675.
22. Paschkis, Z. österr. Apoth. Ver. (1879) 436.
23. Watt, Diction. econ. prod. India (1890), IV, 600.
24. Netolitzky (18) II, 215.
25. A. de Candolle, Urspr. d. Kulturpfl., übers. v. E. Götze (1884), 174.
26. Wittstein, Handwörterb. d. Pharmakognosie, 309.
27. Tunmann, Pflanzenmikrochemie, Berlin 1913.
28. Gawalowski, Z. österr. Apoth. Ver. XL (1902), Nr. 37, 40, 1001; Z. analyt. Chem. (1903) **42**, 108.
29. Vogtherr, Pharm. Ztrlh. **37** (1896), Nr. 11.
30. Holmes, Pharm. Journ. (1897) I.
31. Norton, Am. Journ. of Pharm. (1898) durch Beckurts, Jahresb. **33**.
32. Hartwich, Real-Enzykl. d. ges. Pharm. 2. Aufl., I, Art. »Alkanna«.
33. Decandolle, nach Nees u. Ebermeyer, Handb. d. mediz.-pharm. Botanik, Düsseldorf 1831.
34. Watt (9) **5**, 487.
35. Perkin u. Hummel, J. Chem. Soc. **65**, 940.
36. Ber. d. bot. Ges. **29** (1911), 630.
37. Ann. **21** (1837), 257.
38. Ann. **355** (1907), 1.
39. Willstätter u. Stoll, Chlorophyll, Berlin (1913), 103 u. 240.

40. Ebenda 240.
41. Marquart, Die Farben der Blüten, Bonn 1835.
42. Ann. **401** (1913) 189; **408** (1915) 1—162; **412** (1917) 113—251.
43. Botan. Ztg. **63** (1905), 145.
44. Ann. **356** (1907) 281; **364** (1908) 1.
45. Journ. Chem. Soc. **93** (1908) 1085.
46. Ann. **408** (1915) 21.
47. C. R. **157** (1913) 1454; Chem. Ztrbl. (1914) I, 474.
48. Ann. **412**, 157.
49. Ann. **412**, 133.
50. Ann. **408**, 48. 162.
51. Ann. **412**, 119.
52. Ann. **412**, 124.
53. Ann. **412**, 127.
54. Ebenda 157.
55. Ebenda 141. 248.
56. Ann. **408**, 30.
57. Ann. **401**, 220; **408**, 5.
58. Ann. **412**, 236.
59. Ebenda 168.
60. Ebenda 175.
61. Ann. **408**, 137.
62. Ann. **412**, 182.
63. Ann. **408**, 66.
64. Ann. **412**, 213.
65. Ann. **408**, 103; **412**, 204.
66. Ann. **408**, 113.
67. Glan, Über den Farbst. d. schw. Malve, Diss. Erlangen 1892 (Ref. in Beitr. z. B. C. (1893) 292).
68. Ann. **412**. 218.
69. Ebenda 213.
70. Ann. **408**, 123.
71. Ann. **408**, 90; **412**, 210.
72. Ann. **408**, 147.
73. Ann. **412**, 212.
74. J. prakt. Chem. **71**, 198.
75. Z. f. landw. Gewerbe (1885) Nr. 17.
76. Ann. **60**, 372.
77. Schw. polyt. Z. **9**, 137; J. prakt. Chem. **43**, 369; Ber. Chem. Ges. **6**, 884, 1160; **7**, 888; **10**, 176.
78. J. Chem. Soc. **71**, 818.
79. Ann. **318**, 124.
80. J. Chem. Soc. **89** (1906), 1210.
81. Philos. Trans. Royal Soc. London **194** (1901) 515.
82. J. de Chim. méd. **6**, 157.
83. Ann. **100**, 180.
84. C. R. **52**, 92.
85. J. prakt. Chem. **99**, 433.
86. Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe, 2. Aufl., II, 809.
87. Rupe (g) 76.
88. Ganswindt in Realenzyklop. d. Pharm., 2. Aufl. 8, 362.
89. J. Chem. Soc. **85**, 56.
90. Flückiger u. Hamburg, Pharmacographia, 2. Aufl. London 1879.
91. Ber. Chem. Ges. **14**, 2385.
92. Gazz. chim. ital. **30** (1900) II, 327.
93. J. Chem. Soc. 8 (1902) 1473.
94. J. russ. phys.-chem. Ges. (1904) 36, 421; Arch. Pharm. (1904) 242, 383.
95. Arch. Pharm. (1909) 247, 447.
96. Semler (19) 580.
97. Michaux, Histoire des chênes d'Amérique, Paris 1801.
98. Michaux, Voyage à l'ouest des Monts Alleghany, Deutsche Übers. Nürnberg 1818, II, 143 ff.
99. Ann. **408** (1915) 159.
100. Bolley, Chem. Technol. d. Spinnfasern, Braunschweig (1867) 70.
101. J. Chem. Soc. **71**, 1134.
102. Proc. Chem. Soc. **15**, 179; Chem. Ztg. (1899) **2**, 259.
103. Chem. Soc. Trans. (1909) **95**, 1859.
104. J. Chem. Soc. (1898) **73**, 697.
105. Chem. Soc. Trans. (1904) **85**, 58.
106. v. Vogl, Kommentar, 142.
107. Meyer, Wissensch. Drogenkunde, II, 397.
108. Beihefte z. Tropenpflanzer (1916), Nr. 3/5, S. 428.
109. Arch. Pharm. (1900) **238**, 459 ff.
110. J. Russ. Phys.-Chem. Ges. (1908) **40**, 1502.
111. Ebenda 1510.
112. Chem. Soc. Trans. (1914) **105**, 2350.
113. Chem. Soc. Trans. (1898), 268.
114. Chem. News **74**, 278; Chem. Soc. Trans. (1896) **69**. 1566.
115. Tropenpflanzer (1907), VIII, 798.
116. Roxburgh, Flora indica, 544.
117. Cat. des Col. fr. (1867) 99.
118. Chem. Soc. Trans. (1895) **67**, 937.
119. Ebenda (1896) **69**, 1287; (1902) **81**, 204.
120. Proc. Royal Soc. (1898) B, **90**, 251.
121. Wardle, Dyes and Tans of India.
122. Marchlewski, Die Chemie des Gossypöles.
123. Chem. Soc. Trans. (1899) **75**, 826; (1913) **103**, 650.
124. Ebenda (1909) **95**, 2181.
125. Ebenda (1916) **109**, 145.
126. Proc. Roy. Soc. (1911) B, **83**, 147.
127. Chem. Soc. Trans. (1909) **95**, 1855.
128. Burkill, Agricultural Ledger, Calcutta, (1908), Nr. 2, 13.
129. Chem. Soc. Proc. **18**, 75 u. Trans. (1913) **103**, 209.
130. Mém. de l'Ac. Paris (1712).
131. Semler (19) 499.
132. Tropenpflanzer (1911) **15**, 492.
133. Trans. Roy. S. (1913) 2, 255.
134. Ber. Chem. Ges. **29** (1896), 879.
135. Willstätter u. Stoll, Die Assimilation der Kohlensäure, Berlin 1918, S. 236 ff.
136. Ann. **350** (1906) bis **401** (1913).
137. Kon. Akad. Wetensch. te Amsterdam (1900), Aug., 101.
138. Ebenda (1899), Okt., 25.
139. Sitzber. K. Akad. Wiss. Wien (1893), Juni, Abt. I, 102.
140. Ebenda, Juli 1898.
141. Husemann-Hilger, Die Pflanzenstoffe, 2. Aufl., 2 (1884), 1079.
142. Sitzber. K. Akad. Wiss. Wien (1899) I, **108**, 479.
143. Ber. d. bot. Ges. (1899), 228.
144. Loureiro, Flora Cochinch. 297.
145. Syrsky, Die Landwirtsch. in China.
146. Rein, Japan nach Reisen und Studien, Leipzig (1886) II, 204.

147. Scherf, Neuer Schauplatz der Künste u. Handwerke, 120. Bd., Weimar (1842), S. 126.
148. Bancroft, Neues engl. Färbebuch, übers. v. Buchner, Dingler u. Kurrer, Nürnberg (1817) I, 336 ff.
149. Ebenda I, 337.
150. Miquel, Flora v. Nederl. Indie (1855) I, 307.
151. Ebenda 307—309.
152. Bancroft (148) I, 225.
153. v. Romburgh, Der bot. Garten zu Buitenzorg, Leipzig (1893), 371.
154. Henkel, Die Naturprod. u. Industrieerzeugnisse im Welthandel, Erlangen (1869) I, 331.
155. Cat. des Col. fr. 102.
156. Böhmer, Techn. Gesch. d. Pflanzen usw., Leipzig (1734) II, 19.
157. Watt, Commercial Products of India, London (1908), 660 ff.
158. Böhmer (156) II, 78.
159. Bancroft (148) I, 246.
160. Böhmer (156) II, 41.
161. Molisch (140), II, 28.
162. Tropenpflanzer (1907) XI, 729.
163. Duchesne a. a. O. 286.
164. Böhmer (156) II, 74.
165. Miquel, Sumatra (1862) 81
166. v. Romburgh (153) 378.
167. Molisch (139) 10.
168. Miquel (150) 492.
169. Junghuhn, Java, Leipzig (1852), I, 175.
170. Miquel (165) 281.
171. Bancroft (148) 378 ff.
172. Roxburgh, Oriental Repertory (1791); Transact. Soc. Arts T. XXVIII.
173. Molisch (140) II, 28.
174. Ebenda 27.
175. Henkel a. a. O. 332.
176. Watt (157) 663.
177. Isert, Reise nach Guinea, S. 140.
178. Pohl, Reise nach Brasilien, II, 69.
179. Dragendorff, Die Heilpflanzen usw., Stuttgart (1898), 661.
180. Loureiro, Flora Cochinch. 590.
181. Molisch (139) I, 20.
182. Molisch, Mikrochemie d. Pflanze, 26.
183. Beijerinck (138) 125.
184. Molisch (139) 288.
185. Ber. Chem. Ges. (1899) **32**, 228.
186. Leake, Annals of Botany (1905) XIX, 297.
187. Molisch (182) 221.
188. Molisch (140) 14.
189. Roxburgh, Trans. Soc. Arts T. XXVIII.
190. Miquel (150) 300.
191. Semler (19) 2, 556 ff.
192. Perottet, Die Indigofabrikation, Übers. Schmidt (1844).
193. Watt (9) VI, 383.
194. Molisch (140) II, 53.
195. Alvarez, C. R. (1887), **105**, 286—289.
196. Molisch (140) II, 20.
197. Bréandat, C. R. (1898), 14. Nov.; ferner ebenda 12. Juni (1899).
198. Tropenpflanzer (1902) **6**, 70.
199. v. Georgievics, Indigo v. prakt. u. theoret. Standp., Leipz. u. Wien (1892), 18.
200. Heinrich, Die Kultur des Waids usw., Wien (1812), 39 ff.
201. Rein (146) **2**, 205.
202. H. Molisch, Die Mikrochemie der Pflanze, Jena (1913), 219.
203. v. Georgievics (199) 28.
204. A. Salmony, Eine neue Indigosynthese usw., Berlin.
205. A. Reissert, Geschichte u. Systematik der Indigosynthesen, Berlin 1898.
206. Bloxam, J. Chem. Soc. (1905) 975.
207. A. G. Perkin, J. Soc. Chem. Ind. (1907) **26**.
208. Ber. Chem. Ges. **39** (1906), 1627.
209. Arch. d. Pharm. **239**, 638; **240** (1901), 146; Chem. Ztrbl. (1902) I, 227, 822.
210. Hesse, Ann. **139**, 24.
211. Schunck, Ann. **54**, 264.
212. Hesse, J. prakt. Chemie **57**, 256.
213. Darbishire, Pharmakognosie, 5. Aufl., 93.
214. Bolley, Chem. Technol. d. Spinnf. 138 ff.; Nietzki, Chemie der organ. Farbst., 2. Aufl., Berlin (1894), 302.
215. Monatsh. f. Chemie 11, 227.
216. Muspratt, Theoret., prakt. u. anal. Chem., 4. Aufl., III, 232.
217. Ztrbl. f. Bakt. u. Parasitenkunde II, **4** (1898), 49 ff.
218. Muspratt (216) III, 282.
219. Beckmann, Geschichte der Erfindungen, I, 350.
220. Ann. **39**, 25.
221. Ber. Chem. Ges. **9**, 217.
222. Schützenberger, Les fermentations, deutsch Leipzig (1876), 377.
223. Wiesner, Rohstoffe, 3. Aufl., II, 602.
224. Engler-Prantl, Pflanzenfamilien III, 3, 341.
225. Vogl (106) 9.
226. Harms, Notizbl. Dahlem XXI, **2** (1911), 74.
227. Jentsch, Beitr. z. Tropenpfl. XV, **3** (1911), 171.
228. Büsgen, Beitr. z. Kenntn. d. Pflanzenwelt usw. (Mitt. aus den deutschen Schutzgeb.) **2** (1910), 93.
229. Harms (226) 70, mit Abb. S. 73.
230. Gilg u. Brandt, Pharmakognosie, Berlin (1923), 189.
231. Brick, Jahrb. Hamb. wiss. Anst. (3. Beiheft) **14** (1896), 6.
232. Semler, Trop. Agrikultur, 505.
233. Jahrb. Hamb. wiss. Anst. (3. Beiheft) **14** (1896), 124.
234. Ebenda **6** (1889).
235. Engler-Prantl, Pflanzenfam. III, 3, 199.
236. Praël, Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. **19**, 18.
237. Watt (9) 6, 289.
238. Chem. Soc. Trans. (1910) 97.
239. Harz, Landw. Samenkunde II, 864.
240. Engler-Prantl, Pflanzenfamilien IV, **5**, 332.
241. Hehn, Kulturpfl. u. Haustiere, 261.
242. Semler, Tropische Agrikultur II, 644.
243. Bancroft, Philosophy of permanent Colours, I, 395.
244. Ber. bot. Ges. (1885); Englers Bot. Jahrb. V.

245. G. Beck, Flora v. Niederösterr., Wien (1893), 1264.
246. Beckmann, Warenkunde II, 289.
247. Ebenda 290.
248. Watt (9) II (1889), 184.
249. Ebenda 183ff.
250. Semler, Trop. Agrik. 646.
251. Warenkunde (246) II, 285.
252. Wiesner, Rohst., I. Aufl., 703.
253. Wiesner, Die techn. verw. Faserst. Indiens, 314 (Anh.).
254. Semler, Trop. Agrik. 648.
255. Bolley (214) 80.
256. Schlieper, Ann. **58** (1846), 357.
257. Ann. Chim. et Phys. **3** T. 25, 337; J. prakt. Chem. **46** (1849) 475.
258. Ann. **136** (1865), 115.
259. J. Chem. Soc. (1910), Trans. **97**, 1415.
260. New Zealand J. Sci. Tech. (1918) 1, 3.
261. Chem. Ztrbl. (1855) 372.
262. J. Chem. Soc. **63** (1893), 975; **67** (1895), 230.
263. Wehmer, Pflanzenstoffe, Jena (1911), 365.
264. Wiesner, Rohst., 3. Aufl., III, 797, 798.
265. Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl., 261; Pharmac. Journ. (1868) II, 279.
266. Proc. Chem. Soc. (1897) 162.
267. Heldreich, Nutzpflanzen Griechenlands, Athen (1862), 8.
268. Hehn, Kulturpfl. u. Haustiere, 6. Aufl. (1894), 261.
269. Pharm. Journ. (IV), II (1896), 272.
270. Arch. Pharm. (1903) 656.
271. Wehmer, Pflanzenstoffe, 108.
272. Dragendorff, Heilpflanzen (1898) 139.
273. Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl., II, 641.
274. Wiesner, Rohst., 1. Aufl., 706, Anm.
275. Z. österr. Apoth. Ver. (1898), Nr. 1—3.
276. Ber. bot. Ges. **29** (1911), 630.
277. Arch. Pharm. **212** (1914), 139.
278. Chem. Ztg. **38** (1914), 325.
279. Chem. Ztrlbl. (1900) II, 576.
280. Ber. bot. Ges. **21** (1888) 988.
281. Z. Unters. Nahr. u. Genußm. (1903), Nr. 22.
282. Gildemeister u. Hoffmann, Die äther. Öle, 392.
283. J. prakt. Chem. **74** (1858), 1.
284. Pharm. Journ. and Tr. (1872) 904.
285. Vogl, Kommentar, 134.
286. J. de pharm. et chim. **12** (1896), 217.
287. Hanausek, Die Safranverfälschungen, in Kronfeld, Geschichte des Safrans, Wien (1892), 68—110.
288. Ann. d. pharm., II, Nr. 5; C. R. **122** (1896), 481.
289. Wiesner, Rohst., 3. Aufl., II, 734.
290. Wehner, Pflanzenst., Jena 1911.
291. Proc. Chem. Soc. (1902) **18**, 11; J. Chem. Soc. (1902) **81**, 210.
292. Bancroft, Phil. of Perm. Col. (1813) II, 106.
293. Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl., 492.
294. Chem. Weekbl. (1909) **6**, 480.
295. Heiduschka u. Riffert, Arch. Pharm. (1911) 43.
296. Molisch, Mikrochemie d. Pfl. (1913) 242.
297. J. Chem. Soc. Trans. (1907) **91**, 1501.
298. Tropenpflanzer **15** (1911), 479.
299. J. Chem. Soc. Trans. (1912) **101**, 1539.
300. Z. physiol. Chem. (1914) **90**, 254.
301. Nederl. Tijdschr. Pharm. (1901) 13, 245, 284, 303.
302. J. Soc. Chem. Ind. (1895) 14, 458.
303. J. prakt. Chem. **48**, 328.
304. Ebenda **64**, 10.
305. Ebenda **74**, 1; Jahresb. d. Chem. **58**, 475.
306. Diss. Erlangen 1902.
307. Bancroft, Philosophy of Permanent Colors, 285.
308. Ber. Bot. Ges. (1916) **34**, 554.
309. Ber. Chem. Ges. **7**, 1102.
310. Ber. Chem. Ges. (1885) **18**, 1969.
311. Ebenda (1886) **19**, 328.
312. Ebenda (1887) **20**, 959.
313. Ann. (1847) **64**, 1.
314. Ann. chim. phys. (1818) (2) 8, 250.
315. Ber. Chem. Ges. (1894) 27, 2980.
316. Ebenda (1897) 30, 1762.
317. Ebenda (1900) 33, 149.
318. Bancroft, Phil. of Perm. Colours 1, 394.
319. Ebenda 1, 404.
320. W. v. Miller, Bayr. Ind.- u. Gew.-Blatt 1882, 73.
321. R. Heise, Arb. K. Ges. Amt. 1895, 513.
322. O. Dimroth, Ber. Chem. Ges. (1910) 43, 1387.
323. O. Dimroth u. W. Scheurer, Ann. (1913) **399**, 43.
324. O. Dimroth u. R. Fick, Ann. (1916) **411**, 315.
325. A. E. Scherndal, Ann. (1913) **399**, 60.

R. Hofmann.

Fasern und Baste.

(Nach der von J. Wiesner und J. Weese bearbeiteten 3. Auflage bearbeitet von J. Weese; chemischer Teil von S. Zeisel.)

Inhaltsübersicht.

Seite

A. Allgemeiner Teil 391
Einleitung 391
I. Anatomischer Bau der Fasern . . 392
II. Morphologie der Fasern 396
III. Chemische Charakteristik 411
IV. Die physikalischen Eigenschaften . 419
V. Mikrochemische Reaktionen . . . 430
B. Besonderer Teil 433
I. Übersicht der Faserstoffe liefernden Pflanzen 433
II. Die wichtigsten technisch verwendeten Pflanzenfasern 481
a) Pflanzenhaare 481
1. Baumwolle 481
2. Wolle der Wollbäume (Pflanzendunen) 512
3. Vegetabilische Seide 518
4. Einheimische Pflanzenwollhaare 523
b) Bastfasern aus den Stengeln oder Stämmen dikotyler Pflanzen . . 524
5. Flachs 524
6. Hanf 547
7. Jute 559
8. Ramie oder Chinagras . . 566
9. Nesselfaser 574
10. Hopfenfaser 576
11. Weidenfaser 577
12. Gambohanf 578
13. Sunn 581
14. Faser von *Sida rhombifolia* (Chikankadia) 584
15. Yercum fibre 585
16. Faser von *Hibiscus (Abelmoschus) tetraphyllus* . . 586
17. Bastfaser von *Urena sinuata* und *U. lobata* (Bun-ochra) . 588
18. Bastfaser von *Bauhinia racemosa* 589
19. Bastfaser von *Thespesia macrophylla* 591
20. Faser und Bast von *Cordia obliqua* 592
c) Baste dikotyler Pflanzen 594
21. Lindenbast 594
22. Cordiabast 596
23. Bast von *Sterculia villosa* . . 597
24. Bast von *Holoptelea integrifolia* 598
25. Bast von *Kydia calycina* . . 599
26. Bast von *Gnidia eriocephala* . 600
27. Bast von *Trema orientalis* . . 601
d) Gefäßbündelbestandteile oder Gefäßbündel monokotyler Pflanzen 602

Seite

α) Blattfasern.
28. Agavefasern *(Agave sp.)* Sisal, Kantala, Henequen usw. . . 603
29. Musafasern (Manilahanf) von *Musa textilis* und Fasern anderer *Musa*-Arten 617
30. Mauritiushanf *(Fourcroya foetida)* 625
31. Sansevieriafaser *(Sansevieria sp.)* 626
32. Neuseeländischer Flachs *(Phormium tenax)* 628
33. Aloefasern *(Aloe sp.)* . . . 631
34. Bromeliafasern *(Bromelia sp.)* 632
35. Pandanusfasern *(Pandanus sp.)* 635
36. Raphiafasern *(Raphia sp.)* . . 636
37. Espartofaser *(Stipa tenacissima)* 638
38. Piassave (*Attalea funifera, Leopoldinia piassaba* usw.) . 642
39. Posidoniafaser *(Posidonia australis)* 647
40. Typhafaser 648
β) Stengelfasern.
41. Tillandsiafaser *(Tillandsia usneoides)* 649
γ) Fruchtfasern.
42. Coir oder Kokosnußfaser *(Cocos nucifera)* 654
e) 43. Torffaser 657
f) Papierfasern 661
44. Strohfaser (Roggen, Weizen, Hafer, Reis) 663
45. Holzfasern (Fichte, Tanne, Föhre, Espe usw.) 667
46. Bastfaser des Papiermaulbeerbaums *(Broussonetia papyrifera)* 669
47. Bastfaser der *Edgeworthia Gardneri* 671
48. Bambuspapiere *(Bambusa sp.)* 672
III. Anhang 673
49. Araliamark 673
50. Geschichtliches über das Papier 674
Palmblätter 675
Papyrus 677
Baumbastpapiere 679
Papiere der Bhurja-Manuskripte 679
Papiere der Maya-Kodizes . . 680
Modernes Papier 682
C. Literatur 682
I. a) Allgemeines 682
b) Besonderer Teil 682
II. Besondere Hinweise 686
a) Periodische Schriften 686
b) Einzelschriften 687
III. Literatur des chemischen Teils . . 703

A. Allgemeiner Teil.

Einleitung.

Die zahlreichen aus dem Pflanzenreiche stammenden, in Gewerbe und Industrie so vielseitig und mannigfaltig verwandten Faserstoffe sind bezüglich ihrer botanischen Herkunft als anatomisch sehr verschiedenwertig zu bezeichnen. Neben Haargebilden finden wir bei dieser Gruppe von Rohstoffen Gefäßbündel, Gefäßbündelanteile, Gefäßbündelgruppen und in selteneren Fällen auch andere faserartige Pflanzenbestandteile, auf welch letztere wir weiter unten noch einmal zurückkommen werden.

Die zu den Pflanzenhaaren gehörenden technisch verwerteten Fasern sind meist Samenhaare, also haarförmige Bekleidungen der Samenhaut oder einzelner Teile derselben, wie die Baumwolle und die vegetabilische Seide, oder sie stellen von der inneren Fruchthaut ausgehende Fruchthaare dar, wie die Bombaxwolle (Wolle der Wollbäume). Nur selten und in höchst beschränktem Maße wird die Haarbekleidung der Stengel, der Blätter oder der äußeren Fruchthaut als Faserstoff benutzt, wie die Haare, die am Grunde der Wedel (Blätter) mehrerer *Cibotium*-Arten vorkommen, der baumwollähnliche Haarfilz der Blattunterseiten von *Gerbera lanuginosa* Benth., oder die Haare der *Typha*-(Rohrkolben-)Früchte.

Manche Fasern bestehen aus ganzen Gefäßbündeln, z. B. die Kokosfasern (Fasern der Fruchtschale der Kokospalme).

Viele Fasern setzen sich aus Gefäßbündelanteilen der Blätter monokotyler Pflanzen zusammen. So der neuseeländische Flachs (von *Phormium tenax* L.), die Sisalfaser (von *Agave sisalana*), die Kantalafaser (von *Agave cantala*), die echte Ananasfaser (von *Ananas sativus*) und auch der Manilahanf (von *Musa textilis*), der aus den zu einer Scheinachse zusammenschließenden Blattscheiden gewonnen wird.

Am meisten dienen aber Gefäßbündelbestandteile dikotyler Pflanzen als Faserstoffe. So stellen Flachs, Hanf, Jute, Chinagras, Sunn und sehr viele andere nichts anderes als Bastbündel oder Bastbündelfragmente vom Gefäßbündel des Stengels der betreffenden Pflanzen dar.

Am kompliziertesten erscheint die Tillandsiafaser gebaut, da diese aus Gefäßbündelgruppen besteht und alle Gefäßbündel in sich aufnimmt, die im Stengel der Stammpflanze auftreten. Aus mehreren Gefäßbündeln besteht die Para-Piassave.

Bei der Bürstenerzeugung werden seit längerer Zeit die Borsten und ähnliche tierische Produkte vielfach durch grobe Pflanzenfasern ersetzt, worunter sich neben manchen groben Monokotylenfasern (z. B. Piassave) auch steife Wurzelfasern bzw. Wurzelkerne verschiedener monokotyler Kulturpflanzen befinden. (Siehe unter Andropogon und Epicampes bei der systematischen Übersicht der Faserpflanzen S. 439 und S. 440.) Unter den Polstermaterialien kommen neben Pflanzenhaaren und Bastfasern auch grobe Pflanzenfasern vor, die ganze Blätter (*Carex brizoides*) oder auch ganze Pflanzen (*Zostera*) darstellen. Interessant ist, daß sogar Antheren — Staubbeutel — (und zwar von *Mesua ferrea* L.) in den Tropen als wohlriechendes Stopfmaterial benutzt wurden.

Seit mehr als einem halben Jahrhundert hat das Holz vieler Bäume, das auf mechanischem (Holzschliff) oder auf chemischem Weg (Holzzellulose) mehr oder weniger vollständig in seine Elementarbestandteile oder doch wenigstens in eine fein- und kurzfaserige Masse zerlegt wird, als Faserrohstoff für die Papierfabrikation außerordentliche Bedeutung erlangt. Es findet also nicht nur der Bast-, sondern auch der nicht bloß aus fibrösen Elementen bestehende Holzteil des Gefäßbündels zweikeimblätteriger Pflanzen als »Faser« in der Industrie ausgedehnte Verwendung.

Auch die noch wohlerhaltenen faserigen Anteile des Torfs wurden in neuerer Zeit zur Herstellung grober Spinnfasern und als Rohstoff für die Papiererzeugung herangezogen.

Bisher war in dieser nur zur allgemeinen Orientierung über die Natur der Fasern dienenden Einleitung nur von Fasern die Rede, die von Cormophyten herrühren. Ganz ausnahmsweise werden auch einige Thallophyten (Lagerpflanzen) als Pflanzenfasern verwandt. Als Beispiel

sei erwähnt, daß der Thallus gewisser zu den Florideen (Rotalgen) gehörigen Gewächse (*Polysiphonia*-Arten) neben anderen Pflanzenfasern in Japan zur Herstellung von Tapeten benutzt wird.

I. Anatomischer Bau der Fasern.

Je nachdem die Pflanzenfasern Haare, Gefäßbündel, Gefäßbündelanteile, Gefäßbündelgruppen oder noch höher zusammengesetzte Pflanzenteile darstellen, ist ihr anatomischer Bau verschieden.

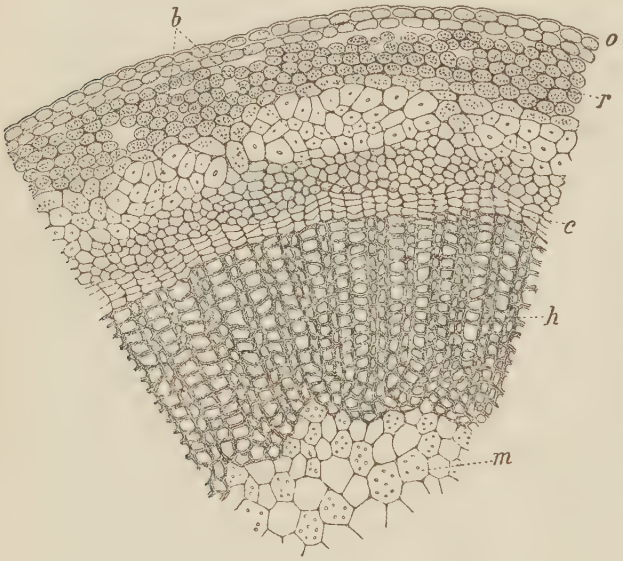


Abb. 1.
Querschnitt durch den Flachsstengel (*Linum usitatissimum*). Ein Stück davon mit drei (kollateralen) Gefäßbündeln, die am deutlichsten an den drei Bastbündeln (*b*) zu erkennen sind. *o* Oberhaut, *r* Rindenparenchym, *c* Kambium, darüber (gegen die Oberhaut zu) das Phloem der Gefäßbündel, bestehend aus den Bastbündeln *b* und dem zwischen diesen und dem Kambium gelegenen Siebteil, *h* Holz des Stengels, bestehend aus den ins Mark (*m*) deutlich vorspringenden (drei) Holzteilen (Xylemen) der Gefäßbündel. Vergr. 300.

Die technisch wichtigen Fasern, die sich als Pflanzenhaare zu erkennen geben, bestehen in der Regel nur aus einzelnen Zellen. So sind die Haare, aus denen sich die Baumwolle, die vegetabilische Seide zusammensetzt, einzellig. Auch in der Wolle der Wollbäume sind fast nur einzellige Haare anzutreffen. Die Fruchthaare der Rohrkolben (*Typha*), die Wolle der Wollgräser (*Eriophorum*-Arten), die praktisch nur in untergeordnetem Maße (als Stopfmaterial) verwendet werden, bestehen aus zahlreichen Zellen. Alle die genannten Haarbildungen sind ihrer Entstehung nach auf die Oberhaut (Epidermis) zurückzuführen und stellen echte Haare im morphologischen Sinn (Trichome) dar. Sie sind wie alle Oberhautgebilde außen mit einem dünnen Häutchen, der Kutikula, überzogen.

Die Gefäßbündel (Fibrovasalbündel) sind Stranggewebe, also strangförmig ausgebildete Gewebe, die im Grundgewebe der betreffenden Organe (Blatt, Stamm, Wurzeln) liegen.

Jedes Gefäßbündel setzt sich aus zwei deutlich geschiedenen Teilen, dem Phloem und dem Xylem, zusammen. Da in der Regel das Phloem im Stamm gegen die Rinde gewendet ist, das Xylem den Hauptbestandteil des Holzes bildet, so nennt man das Phloem auch den Rinden-, das Xylem den Holzteil des Gefäßbündels. Für das Phloem sind die Siebröhren, für das Xylem die wasserleitenden Elemente oder Hydroiden (Tracheen [Gefäße], Tracheiden) charakteristisch; daneben treten in jedem dieser Gefäßbündelanteile noch andere, später zu erwähnende charakteristische Zellen auf.

In jedem Gefäßbündel müssen immer histologische Bestandteile vorkommen, die der Ernährung dienen. Diese Elemente bilden ein zusammenhängendes Ganzes, das Mestom des Gefäßbündels, das eigentliche Leitbündel im Sinne der physiologischen Pflanzenanatomie. In der Regel gesellen sich zum Mestom noch Zellen, die die Festigkeit des betreffenden Organs herzustellen haben. Diese mechanischen Zellen werden, abgesehen von den später noch zu betrachtenden Libriformfasern, gewöhnlich als Bastzellen (Bastfasern) bezeichnet. Man muß aber hinzufügen als Bastzellen im weitesten Sinne, weil man als

Bast zumeist nur den mechanischen Teil des Phloems bezeichnet. Manche Botaniker bezeichnen diese Bastzellen im weiteren Sinne als Sklerenchymfasern. Auch die mechanischen Zellen der Gefäßbündel sind gewöhnlich zu Strängen vereinigt, die man als Bastbündel, Bastbelege der Gefäßbündel usw. bezeichnet.

Nur die Gefäßbündel (Fibrovasalbündel), die Baststränge führen, also sogenannte mechanische, d.h. durch große Festigkeit ausgezeichnete Zellen (Fasern) enthalten, können zur Darstellung von technisch verwendbaren Spinnstoffen dienen. Der Prozeß der Fasergewinnung besteht darin, die Baststränge von den übrigen Gewebsteilen der Gefäßbündel möglichst zu befreien.

Wie schon bemerkt, können im Gefäßbündel die mechanischen Elemente auch gänzlich fehlen. Ein solches Gefäßbündel ist also nur als Ernährungsstrang (Mestom) ausgebildet. Es findet sich z. B. bei der Kürbispflanze und vielen Cucurbitaceen. Die Stengel solcher Pflanzen sind zur Fasergewinnung nicht geeignet. Hier sei aber nebenbei bemerkt, daß das Fasernetz der Früchte gewisser Cucurbitaceen als Fasermaterial (Luffa) praktisch verwertet wird.

Die Festigkeitsverhältnisse der mechanischen Zellen werden später noch besprochen werden.

Das Phloem der Gefäßbündel (Fibrovasalbündel) besteht im gewöhnlichen Fall aus dem Bastbündel und dem sogenannten Siebteil. Ersteres setzt sich entweder nur aus Bastfasern (Bastzellen) zusammen (z. B. bei Flachs und Jute) oder enthält außerdem noch parenchymatische Elemente (Bastmarkstrahlen und Bastparenchymzellen). Der Siebteil bildet den Phloembestandteil des Mestoms und besteht aus Siebröhren und parenchymatischen Elementen (Siebparenchym und Markstrahlen).

Für die Fasergewinnung aus Stengeln von dikotylen Pflanzen ist in der Regel nur das Phloem von Bedeutung; sein Bastteil (Bast im gewöhnlichen Sinne) dient gewöhnlich der Fasergewinnung.

Im Xylem ist in der Regel keine so scharfe Scheidung der mechanischen von den ernährungsphysiologischen Elementen, wie im Phloem, zu finden. Die mechanischen Elemente des Holzkörpers der Dikotylen, also gewissermaßen die Bastzellen des Holzes, die Libriformfasern oder Holzfasern, sofern sie überhaupt vertreten sind — beispielsweise fehlen sie bei den Koniferen (Nadelhölzern) vollständig — sind mit den übrigen fasrigen Elementen des Xylems (Gefäße, Tracheiden usw.) verbunden. Daneben kommen, wie im Phloem, auch hier parenchymatische Elemente (Markstrahlen und Holzparenchymzellen) vor.

Da sich das Libriform von den übrigen Bestandteilen des Xylems nicht trennen läßt, so kann es nicht als »Faser« verwendet werden. Wohl aber kommt es, neben den anderen histologischen Bestandteilen des Holzes in der zur Papierfabrikation verwandten, aus Laubhölzern dargestellten »Holzfaser« vor. In der aus Nadelhölzern bereiteten Papierfaser fehlt, wie schon angedeutet, die Libriformfaser.

Je nach der Lage von Xylem und Phloem im einzelnen Gefäßbündel hat man drei Hauptarten von Gefäßbündeln (Fibrovasalbündeln) zu unterscheiden: 1. das kollaterale, bei dem das Phloem im Stengel rindenwärts, das Xylem markwärts liegt; 2. das konzentrische, bei dem das Xylem von einem Phloem konzentrisch umkleidet ist; endlich 3. das fast nur in Wurzeln beobachtete radiäre (radiale) Gefäßbündel, bei dem Phloem und Xylem in radialer Richtung nebeneinander liegen. J. Wiesner hat als eine Zwischenform noch das hemikonzentrische Gefäßbündel unterschieden, das aber nichts anderes als ein kollaterales von einem mehr oder minder mächtigen Bastmantel umgebenes Mestom darstellt (Abb. 2, S. 394).

Zu Textilbastfasern ist nur das kollaterale Gefäßbündel (Fibrovasalbündel) geeignet. Zu diesem Zweck wird entweder nur der von den übrigen Gefäßbündelteilen getrennte Bast (wie bei allen Fasern dikotyler Pflanzen) oder, wenn der Bastbelag das Mestom vollständig umschließt, das ganze Gefäßbündel als Faser verwertet (z. B. Kokosnußfaser).

Ausnahmsweise kommt es vor, daß sämtliche Gefäßbündel eines Stengels, untereinander durch mechanische Zellen verbunden, als Faser auftreten (Tillandsiafaser). Die diese Faser zusammensetzenden Gefäßbündel sind ebenfalls kollateral gebaut. Aus einer Gruppe von Gefäßbündeln besteht auch die Para-Piassave.

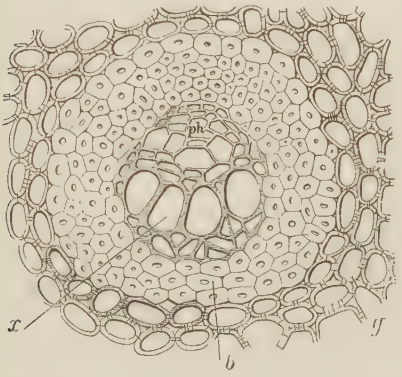


Abb. 2.

Querdurchschnitt durch das kollaterale Mestom des Stammes von *Dracaena*. *x* Xylem, *ph* Phloem. *b* Bastmantel, der, im Querschnitt betrachtet, den Mestomstrang (*x* + *ph*) konzentrisch umgibt. *g* Grundgewebe, in welchem das Gefäßbündel eingebettet ist. Vergr. 300. (Aus Wiesner, Anatomie und Physiol. der Pflanzen.)

Die Textilfasern werden, von Haarbildungen abgesehen, in der Regel nur aus Stengeln dikotyler oder aus Blättern monokotyler Pflanzen dargestellt. Seltener dienen Stengel monokotyler Gewächse oder Früchte zur Gewinnung von derlei Fasern. Die Tillandsiafaser ist ein Beispiel für den ersteren, die Kokosfaser für den letzteren Ausnahmsfall.

Der Stengel der Dikotylen besteht, im Querschnitt gesehen (Abb. 1), aus einem Kreis von kollateralen Gefäßbündeln, die nach außen zu von Rindenparenchym (z. B. im Stengel des Lein, s. Abb. 1, *r*) oder von diesem und Kollenchym (Ramiestengel), nach innen zu vom Marke (Abb. 1, *m*) begrenzt sind. Zwischen den Gefäßbündeln liegen die Markstrahlen. Der Stengel ist anfangs stets von einer Oberhaut begrenzt. Diese Oberhaut bleibt entweder bis ans Lebensende des Stengels erhalten (z. B. beim Flachs; Abb. 1, *o*); oder sie wird später durch ein Periderm ersetzt (z. B. bei Ramie).

Die Gefäßbündel des Stengels der Dikotylen gliedern sich in den nach der Rinde gekehrten Rindenteil (Phloem) und den nach dem Mark gewandten Holzteil (Xylem).

Bei der Fasergewinnung aus dikotylen Stengeln (Flachs, Hanf, Jute, Ramie usw.) handelt es sich darum, die Bastbündel von allen übrigen Geweben des Stengels zu befreien. Dies gelingt bei Stengeln viel leichter als bei Blättern, wie aus den anatomischen Verhältnissen hervorgeht. Die aus den Stengeln dikotyler Pflanzen dargestellten Fasern bestehen in ihren reinsten Formen nur aus Bastzellen (Flachs). Doch können solchen Fasern, namentlich den gröberen, noch andere Phloembestandteile (Bastmarkstrahlen, Bastparenchym, selten Siebröhren), ja bei unvollkommener Zubereitung auch Rindenteile (Rindenparenchym oder Kollenchym, sogar auch Oberhaut) und Fragmente von Holzteilen (aus dem Xylem des Gefäßbündels) anhaften.

Die Blätter der Monokotylen bestehen aus Haut-, Grund- und Stranggewebe (Abb. 3). Als Hautgewebe tritt eine Oberhaut auf. Das Grundgewebe ist, besonders in den fleischigen Blättern (z. B. dem Agavenblatt), sehr reich entwickelt. In diesem Gewebe liegen die Stranggewebe. Letztere sind entweder nur Gefäßbündel (Fibrovasalbündel); oder es gesellen sich noch einfache Baststränge hinzu (Abb. 3; 1—4 Gefäßbündel, 5 einfache Baststränge). Solche einfache Baststränge, die sowohl in Blättern monokotyler Pflanzen (Agave, Sansevieria usw.), als auch in Stengeln von zu Monokotylen gehörenden Pflanzen (z. B. im Schaft von *Cyperus papyrus* L., aus dem der Papyrus der Alten erzeugt wurde) auftreten, haben vor allem mechanische Aufgaben in den betreffenden Pflanzenorganen, wie Mitwirkung bei Herstellung der Biegungsfestigkeit, zu erfüllen.

Bei der Fasergewinnung aus Monokotylenblättern (Manilahanf, Sisal usw.) handelt es sich darum, die Bastbündel von den übrigen Geweben des Blattes zu befreien. Die »einfachen Baststränge« (Sklerenchymfasern) sind wohl leicht zu isolieren, da sie ohne weitere Anhänge im Parenchym des Grundgewebes liegen. Aber die »einfachen Baststränge« verschwinden gegenüber den Gefäßbündeln gewöhnlich

an Zahl und Masse (Abb. 3) oder sie fehlen den betreffenden Blättern gänzlich. Die Bastbündel des Phloems von den übrigen Gefäßbündelanteilen zu befreien, gelingt bei Monokotylenblättern beinahe niemals vollständig, so daß der technischen Faser fast immer noch Xylembestandteile (Gefäße usw.), ja manchmal auch Siebröhren oder auch noch Grundgewebszellen anhaften.

Wenn die Gefäßbündel des Rohmaterials der Faser um ihr Mestom einen geschlossenen Bastring aufweisen (von Wiesner in irreführender Weise als hemikonzentrische Gefäßbündel bezeichnet), so lassen sich die Bastzellen von den übrigen Gefäßbündelbestandteilen (Abb. 4) gar nicht

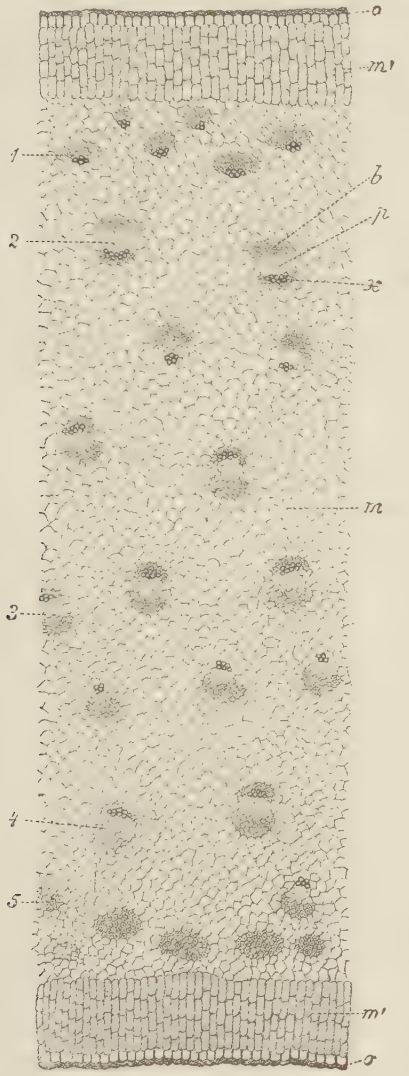


Abb. 3.

Durchschnitt durch das Blatt der *Agave americana* (unteres Drittel), *o o* Oberhaut, *m m m* parenchymatisches Grundgewebe des Blattes (Mesophyll), *1, 2, 3, 4, 5* Stranggewebe (*1—4* Gefäßbündel, *5* einfache Baststränge). Die Gefäßbündel sind durchweg kollateral und wenden ihre Phloeme (*b* Baststrang, *p* Siebteil des Phloems), sowohl an der Ober- als Unterseite des Blattes gegen die Oberhaut, ihre Xyleme (*x*) gegen das Blattinnere hin. Im mittleren Blatteil ist das Gefäßbündel (*2*) nach außen und innen mit Bastbelag versehen. Vergr. 50.

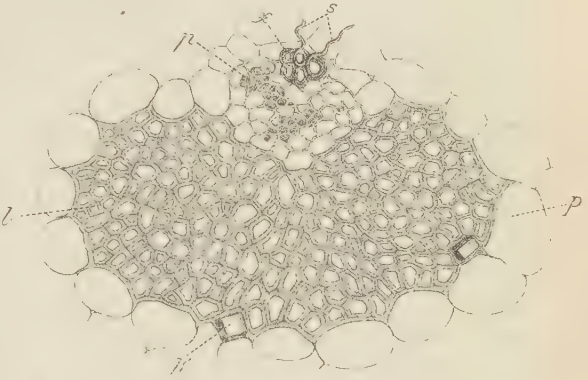


Abb. 4.

Ein Gefäßbündel aus dem unteren Teil des Blattes von *Agave americana* im Querschnitt. *P* parenchymatisches Grundgewebe (Mesophyll), in welchem das (kollaterale) Gefäßbündel eingebettet ist. *p* + *b* Phloem, *x* Xylem, *b* Bastbündel, *p* Siebteil des Phloems, *s* von den Gefäßen abgelöste Schraubenbänder. *k* Kristall von Kalziumoxalat in Bastparenchymzellen liegend. Vergr. 300.

trennen. Dieser Fall kommt bei Blättern der Monokotylen nur selten, häufig bei monokotylen Stämmen (Abb. 2) und

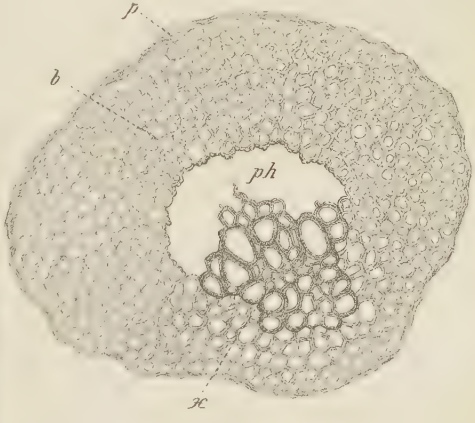


Abb. 5.

Querschnitt durch die Kokosnußfaser. Hemikonzentrisches Gefäßbündel mit kollateralem Mestom (*x* Xylem, *ph* Stelle, wo das zarte Phloem sich befand, das von einem mächtigen Bastmantel (*b*) umgeben ist. *p* Reste des Grundgewebes, in dem das Gefäßbündel liegt. Vergr. 300.

nicht selten auch bei den Früchten der Monokotylen, z. B. bei der Kokosnuß, vor. Die aus der Kokosnuß gewonnene Faser (Coir) besteht noch aus dem ganzen Gefäßbündel: der Bastmantel ist intakt, desgleichen das ganze Xylem. Dagegen ist der sog. Weichbast, d. i. der weiche ernährungsphysiologische Teil des Phloems (Siebröhren und Phloemparenchym, auch Leptom [Schwendener, Haberlandt] genannt), an der technischen Faser nicht mehr zu sehen; an seiner Stelle erscheint ein Hohlraum (Abb. 5 *ph*, S. 395). Die zarten Elemente des Leptoms trockneten bei der Darstellung der Faser ein, schrumpften und zerstäubten, so daß sie in der Faser nicht oder nur in kleiner Menge und dann nur sehr schwer nachweisbar sind. — Auch an anderen technisch verwerteten Fasern, z. B. an den Fasern bestimmter Agave- und Sansevieria-Arten kommen solche Höhlungen vor. In all diesen Fällen ist die Faser von einem luftführenden Kanal durchzogen.

Bei der mikroskopischen Charakteristik der Fasern wird auf deren histologische Zusammensetzung Rücksicht zu nehmen sein, sowie auf Form, Größe und den feineren Bau der die Faser zusammensetzenden Zellen (Bastzellen, Bastparenchymzellen, Bastmarkstrahlen usw.) und Gefäße. Einige in der Charakteristik der Fasern besonders wichtige Eigentümlichkeiten ihrer histologischen Bestandteile werden weiter unten (Morphologie der Fasern) noch hervorgehoben werden.

II. Morphologie der Fasern.

Bei der vielfachen Übereinstimmung und Ähnlichkeit der vegetabilischen, technisch verwerteten Fasern, sowohl in ihren äußeren als auch häufig in ihren chemischen Eigenschaften ist es begreiflich, daß eine durchgreifende Unterscheidung auf dem bloßen Augenschein nicht beruhen kann. Die Beobachtung hat gelehrt, daß die Fasern und die sie zusammensetzenden Elementarorgane eine große Verschiedenheit bezüglich ihrer anatomischen Abstammung und dabei doch eine große Konstanz in morphologischer Beziehung verbinden, ja daß die Eigenschaften, wegen deren die Fasern zu diesem oder jenem Zwecke benutzt werden, vorwiegend auf für die Faserart konstanten Struktureigentümlichkeiten beruhen. Es wird daher wohl einleuchten, daß wenn überhaupt eine Unterscheidung der Fasern möglich ist, diese in erster Linie auf die mittels des Mikroskops festzustellenden morphologischen Verhältnisse der Fasern gestützt werden kann.

Die Frage, ob eine Unterscheidung der Fasern auf mikroskopischem Wege mit Sicherheit durchführbar ist, können wir in Übereinstimmung mit J. Wiesner, der sich große Verdienste um den Ausbau der gesamten technischen Mikroskopie und auch der speziellen Mikroskopie der Faserstoffe erworben hat, für die überwiegende Mehrzahl der Fälle bejahen. Die Unterscheidung gelingt allerdings nicht immer leicht und auch nicht bloß auf Grund weniger Merkmale. Die morphologischen Verhältnisse sind hier oft so verwickelt, daß man nicht durch ein einfaches Schema auf die Art der Fasern geleitet wird, sondern erst aus einem ganzen Bild von Erscheinungen hierauf schließen kann. Alle Versuche, die Kennzeichen der Fasern in ein Schema zusammenzustellen und hieraus in einem gegebenen Fall die Art einer Faser zu bestimmen, sind bis jetzt nicht geglückt. (Das beste auf diesem Gebiete hat für eine beschränkte Anzahl Objekte F. v. Höhnel mit seinen drei analytischen Tabellen in seiner »Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe«, Wien-Leipzig, 1887, S. 58, gegeben, einem Werk, das in seiner ersten Auflage wohl zu den originellsten Arbeiten über die gesamte Fasermikroskopie gehört.) Unsere heutigen Kenntnisse über die Morphologie der Fasern würden wohl die Aufstellung eines halbwegs ausreichenden Schemas gestatten; aber es würde wohl für praktische Zwecke zu kompliziert ausfallen. Es ist daher heute gewiß noch geraten, auf eine scharfe Charakteristik der Fasern zu verzichten und auf Grund genauer Physiographien die Ableitung der Abstammung vorzunehmen. Die nachfolgende Zusammenstellung der wichtigsten morphologischen Kennzeichen der Fasern wird zur ersten Orientierung über die Art einer zu untersuchenden Faser insofern dienen, als sie die Frage, welche Faser vorliegt, auf einen engen Kreis beschränkt. Mit Zuhilfenahme der im besonderen Teil dieses Abschnittes ge-

gebenen Beschreibungen wird sich die Art der Faser wohl fast stets ermitteln lassen. Die Unsicherheit, die noch hie und dort in der Auffindung der Unterscheidungsmerkmale der Fasern besteht, liegt nicht im Mangel der Untersuchungsmethode, sondern in dem Umstande, daß die Kennzeichen, ja Eigenschaften mancher Fasern bis jetzt noch nicht oder noch nicht genau erkannt wurden.

Wie wichtig eine methodische Prüfung der Fasern ist, wird jeder leicht einsehen, der irgendeine rohe Faser unters Mikroskop bringt und gleich an diesem Objekt die Kennzeichen der Faser aufzufinden sucht. Hanf, Flachs, Sunn, Jute und viele andere Fasern lassen in diesem Zustand keinerlei Unterschiede wahrnehmen, und der, dem die histologischen Untersuchungsmethoden fremd sind, würde nicht glauben, welche große Mannigfaltigkeit höchst charakteristischer Formbestandteile sich hinter dieser scheinbaren Gleichartigkeit verbirgt.

Unsere bisherigen Kenntnisse über die Morphologie der Fasern sind aber noch nicht so weit gediehen, um alle bereits in Verwendung genommenen Fasern mit aller Bestimmtheit erkennen zu können. Die Morphologie der gewöhnlichen Spinnfasern ist allerdings bereits so gründlich erkannt, daß es heute wohl keine Schwierigkeiten mehr machen kann, Baumwolle, Flachs, Jute, Sunn und noch zahlreiche andere mit aller Bestimmtheit im rohen Zustand und im Gewebe zu ermitteln. Aber über manche aus den Tropen stammende Faserstoffe (die echte Aloe, gewisse Bromelia-Fasern u. a.) waren bis vor kurzem unsere Kenntnisse nicht recht befriedigend.

Es ist übrigens ganz selbstverständlich, daß mit der größeren Zahl der für eine mikroskopische Untersuchung in Betracht kommenden Faserarten die Schwierigkeiten, die sich einer sicheren mit Hilfe des Mikroskops durchzuführenden Bestimmung entgegenstellen, in noch bedeutenderem Maße wachsen. Allerdings hat das Studium bis jetzt wenig oder gar nicht bekannter Faserstoffe durch die Entdeckung neuer, bei den bekannten Fasern bisher übersehener Eigentümlichkeiten oft eine wesentliche Vereinfachung der mikroskopischen Arbeit und eine Verbesserung unserer Methoden zur Unterscheidung der Faserstoffe gebracht. Bei der Mikroskopie der Faserstoffe kann man nämlich die Unterscheidung oft nicht auf die auffallendsten Merkmale stützen, weil diese häufig den größten Schwankungen unterliegen, sondern muß oft in den schwierigeren Fragen gerade die unscheinbarst erscheinenden Merkmale als Leiter und Hauptkennzeichen benutzen, wenn sich diese durch Konstanz auszeichnen.

[Wichtigere allgemeinere Literatur über Mikroskopie der Fasern: Vétillard (735), Höhnel (374), Hanausek (285), Herzog (334, 352), Tobler (694), Reimers (569).]

Bei der Faserdiagnostik ist auch zu berücksichtigen, daß die Art der Gewinnung und der Beanspruchung eines Faserstoffes seine mikroskopischen Eigenschaften wesentlich beeinflußt, und daß manche Gestaltseigentümlichkeiten der Faser in der technischen Probe an der Faser im Gewebeverband der Pflanze oder an der Rohfaser nicht zu beobachten sind. Ich verweise hier nur in Kürze auf die sogenannten »Verschiebungen«, auf die wir weiter unten (siehe S. 404) noch ausführlich zu sprechen kommen.

Durch die Anwendung verschiedener Ersatzfasern zur Zeit des durch den Weltkrieg herbeigeführten Faserstoffmangels in Mitteleuropa waren zwar die Aufgaben der mikroskopischen Faserdiagnostik vorübergehend schwieriger geworden, aber dank der vor allem in den deutschen Forschungsinstituten geleisteten Arbeit sind die erwachsenen Schwierigkeiten rasch überwunden und unsere Kenntnisse erweitert und vertieft worden.

Wenn auch den physikalischen Eigenschaften oft nicht jene unterscheidende Kraft wie den morphologischen innewohnt, so leisten sie doch in manchen Fällen überraschend gute Dienste, wie bezüglich des optischen Verhaltens noch dargelegt werden wird. Zwischen gewissen morphologischen Eigenschaften der Fasern, wie Auftreten von Poren und Streifung, und gewissen physikalischen Eigentümlichkeiten, wie Quellungs- und Polarisationserscheinungen, bestehen innige Zusammenhänge, und tieferes Eindringen in die physikalischen Eigenschaften der Fasern wird gewiß noch weitere Zusam-

menhänge klarlegen und zur Entdeckung weiterer und besserer Unterscheidungsmerkmale führen.

Chemische Reaktionen, mikro- oder makrochemisch angewandt, leisten seit längerer Zeit bei der Unterscheidung der Fasern, zumal der rohen, ungebleichten, gute Dienste, wenngleich sie doch nach Wiesner[1]) mehr den Charakter von Klassenreaktionen an sich tragen. Die wichtigsten dieser Reaktionen sind noch immer die auf reine Zellulose (mit Jod + Schwefelsäure oder Chlorzinkjod) und auf Verholzung (mit Anilinsulfat oder Phlorogluzin + Salzsäure, Mäulesche Reaktion).

Den gebleichten Fasern gegenüber sind die chemischen Reagentien fast durchaus ohne Bedeutung, da sie eben nur die Reaktion der reinen Zellulose liefern. Bei sonst gleichen Eigenschaften ist eine Faser desto besser, je weniger sie durch Anilinsulfat oder durch Phlorogluzin + Salzsäure gefärbt, je rascher sie durch Kupferoxydammoniak in Lösung gebracht wird; sie ist besser, wenn sie durch Jod und Schwefelsäure gebläut wird, als wenn sie, mit diesen Reagentien behandelt, eine grüne, braune oder gelbe Farbe annimmt.

Im ersten Kapitel wurde bereits dargelegt, welche Bauelemente der Pflanze als Faserstoffe verwertet werden. Hier sei noch kurz auf einige, auf dem anatomischen Bau beruhende auffällige Kennzeichen der vegetabilischen Fasern hingewiesen.

Aus einzelnen Zellen bestehen:

Baumwolle
Vegetabilische Seide
Bombaxwolle
Pappelwolle
} Haare.

Kotonisierte Fasern: isolierte Bastzellen.

Aus einer Reihe von Zellen besteht die Pulufaser (Abb. 25), aus mehreren Reihen von Zellen werden die Wolle der Wollgräser (Abb. 34) und die Rohrkolben-Fruchthaare (Abb. 35) aufgebaut.

Aus Zellgruppen, die nur aus Bastzellen zusammengesetzt sind, bestehen:

Rohe Jute (stark gebleichte Fasern bestehen vielfach nur aus isolierten Zellen).

Roher Flachs (schlecht gereinigter führt auch Parenchym, Holzfragmente und selbst Oberhautzellen).

Rohe Bastfaser von:
Hibiscus cannabinus;
Boehmeria nivea (kleine Reste von Rindenparenchym- und von Kollenchymgewebe fehlen fast niemals).

Bastzellen und kleine Mengen von Bastmarkstrahlen führen:

Rohe Bastfaser von:
Sida retusa;
Cordia latifolia;
Thespesia macrophylla (= *Th. Lampas*).

Bastzellen und Bastparenchymzellen enthalten:

Rohe Bastfaser von:
Abelmoschus tetraphyllos;
Urena sinuata;
Crotalaria juncea (Sunn);
Calotropis gigantea.

Roher Hanf (enthält kleine Mengen von Bastparenchym; sehr rein ausgehechelter Hanf ist manchmal frei von Bastparenchym).

Aus Bastzellen, Bastparenchym und Bastmarkstrahlen besteht:

Die rohe Bastfaser von *Bauhinia racemosa.*

Neben Bastzellen treten auch Gefäße auf:

Bei allen aus Blättern monokotyler Pflanzen dargestellten Fasern (neuseeländischer Flachs, Manilahanf, Pite, Sisal, Pandanus, rohe Espartofaser, Piassave,) ferner bei der Tillandsia- und der Kokosnußfaser.

a) Länge der rohen Faser.

Fasern der Bombaxwolle . .	1—3 cm
Fasern der Baumwolle . . .	1—5 „
Fasern der vegetabilischen Seide	1—5,6 „
Tillandsiafasern	2—65 „
Bastbündel von *Calotropis gigantea*	20—30 „
Kokosnußfasern	15—33 „
Espartofasern	10—40 „
Sunn	20—50 „
Blattfaser von *Aloë perfoliata*	40—50 „

[1]) Die Zitierung Wiesner ohne Angabe eines Werkes bedeutet in diesem Abschnitt immer nach Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreichs, 3. Bd., 3. Auflage, Leipzig 1921.

Blattfaser von *Pandanus* . .	40— 70 cm
Bastbündel von *Abelmoschus tetraphyllos*	60— 70 „
Bastbündel von *Hibiscus cannabinus*	10— 90 „
[Auch größere Längen (bis 330 cm) wurden angeblich konstatiert.]	
Bastbündel von *Cordia latifolia*	50— 90 „
Bastbündel von *Sida retusa*	80—100 „
Agavefasern (Pite und Sisal; Handelsware gewöhnlich künstlich gekürzt, entweder einerseits oder beiderseits abgeschnitten) . . .	50—110 „
Neuseeländischer Flachs . .	80—110 „
Gefäßbündel von *Bromelia karatas*	110—120 „
Bastbündel von *Urena sinuata*	100—120 „
Sansevieriafaser	80—140 „
Flachs	20—140 „
Bastbündel von *Bauhinia racemosa*	50—150 „
Hanf (ausgenommen der Riesenhanf von Boufarik) . .	100—225 „
Piassave	50—185 „
Jute	150—250 „
(manchmal bis 450 cm)	
Manilahanf (grobe Sorten) .	bis 250 „
Manilahanf (feinere Sorten) .	bis 200 „

b) Länge der die Fasern zusammensetzenden Bastzellen.

Die Länge der die einzelnen Fasern zusammensetzenden Zellen ist ein sehr wichtiges Kennzeichen. Auf die Länge der Haare, welche die Baumwolle, die Bombaxwolle und vegetabilische Seide bilden, wurde schon oben aufmerksam gemacht. In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die Längen der integrierenden, oft (z. B. beim Flachs) einzig und allein auftretenden Formbestandteile, nämlich die Längen der Bastzellen angegeben. Die Ermittlung der Länge dieser histologischen Elemente macht gewöhnlich keine Schwierigkeiten, da sich ja die meisten Bastzellen entweder durch Kalilauge oder Chromsäure leicht und vollständig isolieren lassen.

Bezeichnung der Faser	Länge der Bastzellen
Tillandsiafaser	0,2—0,8 mm
Piassave	0,3—0,9 „
Bast von *Cordia latifolia* .	1,0—1,6 mm
Bast von *Abelmoschus tetraphyllos*	1,0—1,6 „
Espartofaser.	0,5—1,9 „
Bast von *Sida retusa* . . .	0,8—2,3 „
Bast von *Urena sinuata* . .	1,1—3,2 „
Blattgefäßbündel von *Aloë perfoliata*	1,3—3,7 „
Bast von *Bauhinia racemosa* (und auch darüber)	1,5—4,0 „
Jute	0,8—4,1 „
Blattgefäßbündel von *Pandanus odoratissimus* . .	1,0—4,2 „
Bastfaser von *Thespesia macrophylla*	0,92—4,7 „
Neuseeländischer Flachs .	2,5—5,6 „
Blattgefäßbündel von *Bromelia karatas*	1,4—6,7 „
Sunn	0,5—6,9 „
Bastfaser von *Hibiscus cannabinus* . . . . . (und auch darüber)	4—12 „
Flachs	20—50 „
Ramiefaser	bis 220 „
(und auch darüber, s. Ramiefaser).	

c) Breite der die Fasern zusammensetzenden Zellen.

Wir nehmen hier nur auf die Breite der die Fasern zusammensetzenden Haare, bzw. Bastzellen als den wesentlichsten histologischen Bestandteilen der Fasern Rücksicht, werden aber im besonderen Teil dieses Abschnittes auch die Breite der anderweitigen an dem Aufbau bestimmter Fasern Anteil nehmenden Zellen anführen, da für einzelne Fasern auch die Dimensionen dieser Elementarorgane sehr bezeichnend sind.

Für die vorliegende Zusammenstellung hat Wiesner die Breite der Fasern nicht an irgendeiner ganz beliebigen Stelle gemessen, sondern hat an jeder einzelnen zu messenden Zelle die größte Breite festgestellt. Ferner hat Wiesner aus einer genügend großen Reihe von Beobachtungen die häufigsten Werte abgeleitet. Durch Berücksichtigung der maximalen Breiten und der hieraus abgeleiteten häufigsten Breiten der Zellen kommen Resultate zum Vorschein, die für die einzelnen Fasern ziemlich konstant sind und mit Recht einen gewissen Platz in der Charakteristik der Fasern beanspruchen dürfen.

Bezeichnung der Faser	Art der gemessenen Zellen	Maximale Breite: Grenzwerte	Maximale Breite: Häufigster Wert
Tillandsiafaser	Bastzellen	6—15 μ	?
Espartofaser	„	9—15 „	?
Bastfaser von *Cordia latifolia*	„	14,7—16,8 „	15 μ
Neuseeländischer Flachs	„	8—19 „	13 „
Bastfaser von *Abelmoschus tetraphyllos*	„	8—20 „	16 „
Bastfaser von *Bauhinia racemosa*	„	8—20 „	?
„ „ *Corchorus capsularis*	„	10—21 „	16 „
„ „ *Thespesia macrophylla* (= *Th. Lampas*)	„	12—21 „	16 „
„ „ *Urena sinuata*	„	9—24 „	15 „
Blattgefäßbündel von *Aloë perfoliata*	„	15—24 „	?
Bastfaser von *Sida retusa*	„	15—25 „	?
„ „ *Calotropis gigantea*	„	18—25 „	?
Flachs (Reinflachs)	„	12—26 „	15—17 „
Hanf	„	15—28 „	16—19 „
Bastfaser von *Corchorus olitorus*	„	16—32 „	20 „
„ „ *Hibiscus cannabinus*	„	20—41 „	?
Baumwolle	Haare	12—42 „	18—37 „
Vegetabilische Seide von *Calotropis gigantea*	„	12—42 „	38 „
Bombaxwolle	„	19—42 „	21—29 „
Bastfaser von *Crotalaria juncea*	Bastzellen	20—42 „	?
Blattgefäßbündel von *Bromelia karatas*	„	27—42 „	?
Ramiefaser	„	16—80 „	50 „

(Durch mechanische Angriffe der Ramie bei der Gewinnung scheint der Faserquerschnitt einen Durchmesser bis 126 μ erreichen zu können.)

Über die Größenverhältnisse der Faserelemente einiger technisch verwerteter Fasern gibt auch Höhnel (374) S. 25 nach den Angaben von Vétillard eine Zusammenstellung.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, daß an der Basis der Pflanzen, z. B. an den Wurzelenden des Leins, des Hanfs und der Jute die Bastfasern meist kürzer und dicker sind als oben. Da nun die Größenverhältnisse der Bastzellen durch die Lebensbedingungen der Pflanzen auch etwas beeinflußt werden, geht aus dem Angeführten hervor, daß man die Bedeutung der Dimensionen für die Unterscheidung der Fasern nicht überschätzen darf.

An den Bastfasern gewisser Pflanzen sind an einzelnen Stellen manchmal auffallende Abweichungen von der normalen Breite in Form von lokalen Anschwellungen zu finden; so z. B. bei den Hypokotylfasern von Linum, wo man sie als »Erweiterungen« oder als »Bäuche« bezeichnet. (Siehe Abb. 41, S. 545), Schilling (Ber. Deutsche Botan. Gesellsch., 1921, *39*; S. 379) gelang es durch Knickung von Stengeln, solche lokale Anschwellungen bei den Bastfasern von Lein, Nessel, Hanf usw. experimentell hervorzurufen.

d) Verdickung der Zellwände und Form der Faserenden und Querschnitte.

Die Wandverdickung der die Fasern zusammensetzenden Zellen ist im allgemeinen sehr verschiedenartig, z. B. ist sie bei der vegetabilischen Seide und bei der Bombaxwolle gering, an den Bastzellen von Flachs, Hanf, der Weidenrinde, des Espartoblattes sehr mächtig. So sehr an den genannten und noch einigen anderen weniger bekannten Fasern die Dünn- oder Dickwandigkeit der Zellen in die Augen springt, so stellt doch die Größe der Wand-

verdickung kein durchgreifendes Kennzeichen dar, da die histologischen Elemente vieler Fasern oft alle Übergänge von schwacher bis starker Verdickung nachweisen lassen. Dagegen ist zu betonen, daß bei manchen Fasern eine höchst merkwürdige, charakteristische und in die Augen fallende Eigentümlichkeit in der Ungleichartigkeit der Zellwandverdickung besteht. Während nämlich die Bastzellen von Hanf und Flachs eine gleichmäßige Verdickung aufweisen, sind folgende Fasern dadurch ausgezeichnet, daß ihre Bastzellen stellenweise wenig, an anderen Stellen mehr oder weniger stark verdickt sind. Eine solche ungleichmäßige Verdickung der Zellhaut findet sich bei:

den Bastzellen von *Corchorus*-Arten (Jute), *Abelmoschus tetraphyllos, Edgeworthia Gardneri (E. papyrifera), Urena sinuata, Thespesia macrophylla (Th. Lampas).*

Stellenweise vollkommen verdickt, also geradezu lokal lumenlos sind die Bastzellen von: *Urena sinuata, Sterculia villosa, Trema orientalis, Edgeworthia Gardneri.*

Sehr charakteristisch sind oft bei Bastfasern die Enden (Spitzen). In manchen Fällen sind sie scharfspitzig (Flachs, Nessel), in anderen wieder meist abgerundet (Hanf), manchmal gegabelt (wie auch beim Hanf). Außer der Form der Faserenden kann auch noch die Dicke ihrer Wandung zur Kennzeichnung herangezogen werden.

An Querschnitten durch Bastfasern kann man vielfach beobachten, daß die Wandung aus mehreren Schichtkomplexen zusammengesetzt ist, die manchmal auch in der Längsansicht als eine weniger deutliche Streifung (Pseudolängsstreifung) zu beobachten sind.

Auch Pflanzenhaare, die ja außen durch den Besitz einer Kutikula ausgezeichnet sind, zeigen, wie z. B. die Baumwolle, einen schichtenförmigen Aufbau, wie sich bei den Quellungserscheinungen deutlich zeigt. Näheres siehe S. 406.

Die Herstellung von Querschnitten durch Fasern ist bei einer ernsten wissenschaftlichen Untersuchung nicht mehr zu umgehen, da dadurch erst in den meisten Fällen eine richtige Beurteilung der Form und der Struktur der die Fasern zusammensetzenden histologischen Elemente möglich ist.

Behufs Gewinnung brauchbarer Schnitte empfiehlt es sich, die Faser in Paraffin (oder wie früher in Glyzerin und Gummi, Glyzeringelatine, Zelloidin) einzulegen, dann mit einem sehr scharfen Rasiermesser oder einem Mikrotom zu schneiden und dann

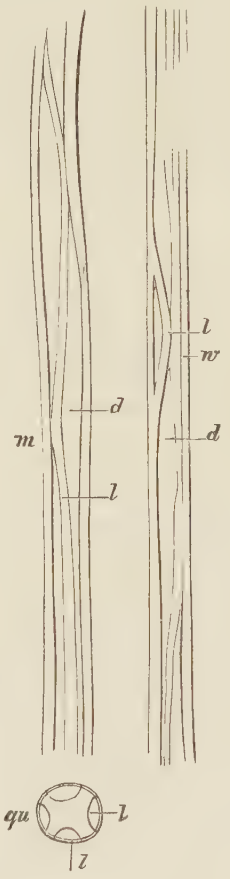


Abb. 6.
Pflanzenseide von *Asclepias cornuti*. *m* Mitte, *qu* Querschnitt eines Haares, *m l* Längsleisten, *d* dünne Stelle dazwischen, *w* Wandung. Vergr. 340. (Nach v. Höhnel.)

mit Hilfe von Xylol das die Faser umgebende Paraffin am Objektträger wegzulösen. Näheres über die Herstellung von Schnitten und die Größenbestimmung der Querschnittsflächen, welch letztere bei praktischen quantitativ-mikroskopischen Untersuchungen von Fasergemischen, bei Beurteilung der Festigkeitsverhältnisse einer Faser und bei Bestimmungen des Fasergehalts einer Pflanze eine große Be-

deutung hat, siehe A. Herzog (352) S. 505 u. 518.

Am Querschnitt kann man feststellen, ob die Wandung gleichmäßig oder ungleichmäßig verdickt ist (namentlich im Vergleich mit den entsprechenden Längsschnitten) und erst am Querschnitt wird die wahre Form der Zelle offenbar. In gewissen Fällen finden sich bei Betrachtung des Querschnittes Strukturverhältnisse der Fasern, die in der Längsansicht der Faser nicht oder nur sehr undeutlich zu sehen sind. So z. B. die von v. Höhnel an der Innenseite der Zellhäute der Pflanzenseide aufgefundenen Längsleisten (Abb. 6, 7).

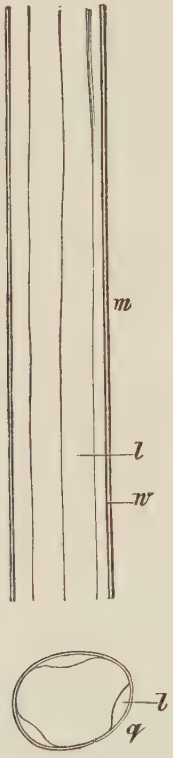


Abb. 7.
Pflanzenseide von *Strophanthus* sp. *m* Mittlerer Teil, *q* Querschnitt, *w* Wandung, *l* Längsleisten eines Haares. Vergr. 340. (Nach v. Höhnel.)

Was die Schichtkomplexe betrifft, so zeigen die in Bündeln auftretenden Bastfasern nach dem in der Botanik durch Dippel (181) eingeführten Schema im allgemeinen bei zwei aneinandergrenzenden Zellen die durch Rutheniumrot infolge des Gehaltes an Pektinstoffen gefärbt werdende unpaare, in der Mitte liegende eigentliche Mittellamelle (Interzellularsubstanz), an die sich beiderseits hauptsächlich aus Zellulose bestehende paarige Verdickungsschichten anschließen, bei denen dann wieder eine außenliegende, unter gekreuzten Nikols deutlich aufleuchtende primäre Membran und eine auftretende sekundäre Membran (mit oft mehreren Schichtkomplexen) unterschieden wird. An letztere kann sich noch eine tertiäre Membran anschließen, die unter gekreuz-

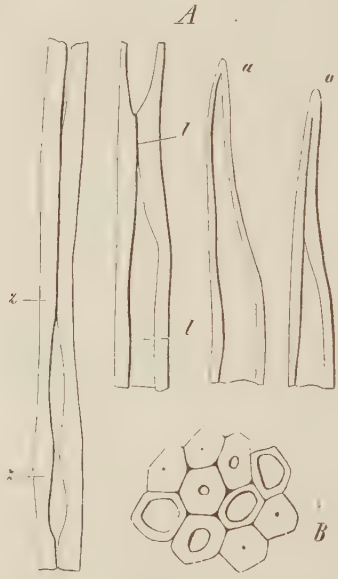


Abb. 8.
A Bruchstücke isolierter Bastzellen aus der Jutefaser. *aa* natürliche Enden. *zz* Zellwand. *ll* Lumen der Zelle. *B* Querschnitt durch die Jutefaser (stark schematisiert). Vergr. 400.

ten Nikols wie die primäre Membran aufleuchtet, aber bei Bastfasern noch nicht sicher beobachtet wurde. Die meist sehr zarte und daher oft nicht leicht zu beobachtende Mittellamelle wurde früher häufig mit der primären Membran zusammen

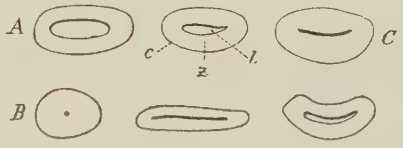


Abb. 9,
Querschnitte durch Baumwollfasern *A* mit gewöhnlichem, weitem, *B* mit linienförmigem, *C* mit flächenförmigem Lumen bez. mit weitlumigem, adenförmigem und bandförmigem Innenschlauch. *c* Cuticula, *z* Zellhaut, *l* Lumen nach außen vom Innenschlauch begrenzt. Vergr. 500.

als Mittellamelle bezeichnet, und zwar besonders dann, wenn die primäre Membran breit und deutlich entwickelt ist, wie bei der Broussonetiafaser, Ginsterfaser, dem Weidenbast. Bei den Bastfasern von Crotolaria und Cannabis ist die primäre Membran zwar noch deutlich nachweisbar, aber schon viel schmäler ausgebildet, und beim Flachs, bei der Nesselfaser und den Bastfasern von vielen Malvaceen, Apocynaceen und Asclepiadaceen ist die primäre Membran schon schwer nachzuweisen. Bei den technisch wichtigsten Bastfasern (Flachs, Hanf, Jute, Chinagras) ist also die primäre Membran verhältnismäßig schmal. Bei Leguminosen- und bei Moraceenfasern erscheinen oft sekundäre Schichtkomplexe im Querschnitt losgelöst von der primären Membran, die auch durch die äußeren Teile der sekundären Membran verstärkt sein kann.

Bei isolierten Bastfaserzellen fällt begreiflicherweise die eigentliche Mittellamelle als Bestandteil der Membran weg.

e) Spiralstreifung und Feinbau.

Bei der Betrachtung der Längsansicht von gewisser Bastfaser (z. B. von einer Flachshypokotylfaser mit den eigentümlichen Zellenerweiterungen oder einer Apocynaceen- oder Asclepiadiaceenbastfaser) zeigt sich, daß sie mit zahlreichen, dicht nebeneinander liegenden, zarten, unter sich parallelen, zur Längsachse schief verlaufenden Streifen versehen sind, die in Form einer Schraubenlinie, bzw. einer Spirale um die Faser herumlaufen. Diese natürliche Spiralstreifung — im Gegensatz zu der durch mechanische oder chemische Eingriffe hervorgerufenen künstlichen Spiralstreifung — ist in ausgeprägter Form nur bei relativ wenigen technischen Fasern festzustellen. So zeigen die Urticaceenfasern (z. B. *Urtica dioica, Laportea canadensis, Boehmeria nivea*) bei der sekundären Membran nach Reimers (569) meist zwei rechtsläufige Streifensysteme von verschiedener Neigung, während die Linaceen und Asclepiadiaceen zwei (oder mehr) entgegengesetzt geneigte Streifensysteme aufweisen, die im allgemeinen in den äußeren Schichten der sekundären Membran rechtsläufig und in den inneren Schichten linksläufig sein sollen. Viele Bastfasern zeigen auch, wie die primäre Membran der bereits erwähnten Fasern, keine natürliche Streifung; durch mechanische oder chemische Eingriffe werden aber mehr oder weniger lange Spaltrisse erzeugt, die sich ähnlich wie die natürliche Streifung verhalten, aber für die Auffindung der Mizellereihenrichtung meist weniger brauchbar sind als die Poren der primären Membran.

Die Mizellartheorie von Nägeli, nach der die Zellwand aus kristallähnlichen Molekülaggregaten, sogenannten Mizellen, aufgebaut ist, hat durch die neueren kolloidchemischen Forschungen eine wesentliche Stützung erfahren. Scherrer hat nämlich mit seinen röntgenspektrographischen Untersuchungen die kristalline Beschaffenheit von Pflanzenfasern (Ramie) nachgewiesen. Zsigmondy (795) und R. O. Herzog und W. Jancke (357—359) konnten u. a. auch feststellen, daß Baumwolle, Ramie, Jute, Flachs, Holzzellstoff Interferenzbilder geben und demnach aus kristallinischer Zellulose bestehen, die bei allen untersuchten Faserarten das gleiche Kristallsystem aufweisen.

Sich der Nägelischen Auffassung des Aufbaues der Bastfasern aus axial symmetrisch angeordneten, in einer Richtung (der »Streifungsrichtung«) besonders lang gestreckten Kristallen bezüglich der allgemeinen Struktur anschließend, hat Reimers (569) bei seinen Untersuchungen von verschiedenen dikotylen Bastfasern betreffs der besonderen Struktur drei Gruppen zusammengefaßt und zwar 1. die Hanfgruppe (Salicaceen, Betulaceen, Fagaceen, Ulmaceen, Moraceen, Papiolionaten, Tiliaceen, Malvaceen, Sterculiaceen), bei der die Faserzellwand in eine dünnere, äußere primäre Membran mit stark links geneigter und in eine dickere innere Membran mit steil linksläufiger Streifungsrichtung zerfällt. 2. Die Nesselgruppe (Urticaceen), bei der die hier allein in Betracht kommende sekundäre Membran durch zwei etwa gleich starke ziemlich steil rechtsläufig gestreifte Schichtkomplexe gebildet wird, von denen der innere Komplex stets steiler gestreift erscheint als der äußere. 3. Die Flachsgruppe (Linaceen, Apocynaceen, Asclepiadaceen), bei der

die primäre Membran auch verschwindend dünn ist und bei der die komplizierter gebaute sekundäre Membran stets zwei entgegengesetzt gestreifte Schichtkomplexe unterscheiden läßt, während man eine Struktur der inneren Schichten nicht feststellen kann.

Bei Pflanzenhaaren, wie z. B. bei der Baumwolle, kann durch Einwirkung von Säuren und Alkalien, die die Faser zum Quellen bringen, eine künstliche Spiralstreifung der unter der Kutikula liegenden Verdickungsschichten hervorgerufen werden. Näheres siehe S. 500.

f) Poren.

Wiesner gibt für die Bastfaserzellen von *Abelmoschus tetraphyllus, Sida retusa, Thespesia macrophylla* (= *Th. Lampas*), für die Faserzellen der Blattgefäßbündel von *Bromelia karatas* und für die Kokosnußfaser an, daß ihre Zellwände mit deutlichen und vielen Poren, das sind unverdickt gebliebenen Stellen, versehen seien.

Die Poren der Bastzellen zeigen gewöhnlich in der Längsansicht einen langspindelförmigen Umriß. Sie fallen an dikotylen Fasern nicht so auf wie bei monokotylen und sind daher vielfach übersehen worden. So z. B. bei den Urticaceen, wo *Boehmeria nivea* bei frischen Faserzellen deutliche Poren zeigt, die bei *Laportea canadensis* und *Parietaria officinalis* nach Reimers Untersuchungen (569) sehr langgestreckt und schmal sind, während sie sich bei *Urtica dioica* von den Spaltrissen nur schwer unterscheiden lassen. So weiters noch in den primären Membranen von *Morus alba, Artocarpus incisa, Broussonetia, Humulus, Spartium junceum, Sarothamnus scoparius,* wo sie in linksläufigen Spiralen von verschiedenem Neigungswinkel sowohl an der primären als auch an der sekundären Membran auftreten.

g) »Verschiebungen« in den Membranschichten der Bastzellen.

Von F. v. Höhnel ist zuerst auf eine für manche Pflanzenfasern sehr charakteristische morphologische Eigentümlichkeit hingewiesen worden, für die der genannte Forscher das bezeichnende Wort »Verschiebungen« (der Verdickungsschichten) angewendet hat. Unter »Verschiebungen« versteht v. Höhnel die in der Längsansicht der Fasern erscheinende, stellenweise plötzlich auftretende Richtungsänderung der Verdickungsschichten: die der Längsrichtung der Faser folgenden Verdickungsschichten brechen mit einem Male winklig ab, um eine kurze Strecke weiter wieder in die normale Richtung zurückzukehren (Abb. 10).

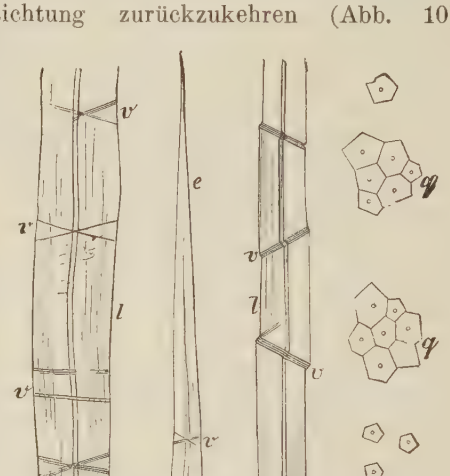


Abb. 10.
Flachsfaser, *e* Spitze, *vv* »Verschiebungen«, in der Längsansicht *l* gesehen. Vergr. 400 bez. (Querschnitte *q*) 200. (Nach v. Höhnel.)

Manchmal sind aber die Verschiebungen, bei denen ziemlich häufig Querstreifen, Spalten und auch Vorwölbungen nach außen auftreten, so schwach entwickelt, daß sie nur in Form einfacher, gerader, sich kreuzender Linien erscheinen.

Der Entdecker dieser Erscheinung hielt sie für eine im normalen Lebenslauf der betreffenden Pflanze auftretende morphologische Veränderung, die dadurch zustande kommt, daß die Zonen je einer Faser während des Wachstums der betreffenden Organe einem verschieden starken radialen Druck ausgesetzt sind, wodurch gewissermasen eine mechanische Schädigung eintritt, die sich als »Verschiebung« zu erkennen gibt (370).

Nach den von Schwendener (656) ausgeführten Untersuchungen sind die von v. Höhnel aufgefundenen »Verschiebungen« in der lebenden Pflanze

nicht vorhanden; sie entstehen vielmehr erst durch spätere Verletzungen. Schwendener isolierte die Bastfasern verschiedener Pflanzen durch Fäulnis, wobei sie, obgleich aus dem gegenseitigen Verbande tretend, keinerlei mechanische Angriffe erleiden. Die auf solche Weise isolierten Fasern wurden frei von »Verschiebungen« gefunden. Dem genannten Autor war es nur darum zu tun, zu entscheiden, ob die Pflanze durch ihre eigene Tätigkeit dazu beitrage, ihre mechanischen Elemente zu schädigen. Auf Leinenfasern und andere technisch verwandten Fasern, welche die Erscheinung der »Verschiebungen« darbieten, ist Schwendener nicht eingegangen. Wiesner hat dann Leinenfasern von reifen, aber noch ungebrochenen Flachsstengeln durch Kochen in Wasser isoliert und hat an diesen keine »Verschiebungen« wahrgenommen. Auch die durch Fäulnis isolierten Bastzellen von Hanf und Ramie hat er vollkommen unverletzt gefunden. Die an Bastzellen zu findenden »Verschiebungen« sind also in der intakten Pflanze noch nicht vorhanden, sondern sind erst durch mechanische Verletzungen, z. B. beim Flachs während des Dreschens, Brechens und Schwingens durch Druckwirkung [Müller (523)] entstanden.

Die Verschiebungen sind also als Kunstprodukte anzusehen, die die Festigkeit der Faser herabsetzen und umso häufiger auftreten, je mehr die Faser bei der Ausarbeitung geschädigt wurde. Reimers (568) will allerdings bei der Nesselfaser Verschiebungen primärer Natur festgestellt haben, doch zeigen vorsichtig mazerierte Nesselfasern diese Verschiebungen nicht. Saito (610) und teilweise auch Aißlinger (48) schließen sich der Höhnelschen Ansicht bezüglich des Zustandekommens der Verschiebungen an, doch dürfte es sich auch in den von ihnen beobachteten Fällen bei den Verschiebungen um Kunstprodukte handeln.

Verschiebungen sind bisher hauptsächlich bei Bastfasern dikotyler Pflanzen (Lein, Hanf, Hopfen, Nessel, Ramie, *Morus, Ficus, Althaea, Daphne,* Sunn, Ginster, Ozonfaser, zuweilen auch bei der Jute usw.) beobachtet worden, doch kommen sie auch als Folge stärkerer mechanischer Beeinflussung bei der Gewinnung bei Monokotylenfasern (z. B. Manilahanf, *Fourcroya gigantea,* Bambusfasern) vor. Sogar an Holzzellstoff, Strohstoff-Fasern und an den Baumwollhaaren sind sie hin und wieder zu finden. Das Vorkommen von Verschiebungen, die bekanntlich bei Behandlung der Fasern mit gewissen Reagentien (Chlorzinkjod, Jodjodkalium und Schwefelsäure) durch intensivere Färbung deutlich hervortreten, ist also als Hauptmerkmal bei der mikroskopischen Unterscheidung an Pflanzenfasern nicht verwendbar. Bei gekreuzten Nikols leuchten unter dem Polarisationsmikroskop die ungefärbten Verschiebungen weißglänzend auf, während die unbeschädigten Membranteile dunkel bleiben.

h) Stegmata.

In der Charakteristik einiger Fasern spielen die sogenannten Deckzellen oder Stegmata [Kohl (419)] eine wichtige Rolle. Es sind dies Begleitzellen der Gefäßbündel, die meist in der Peripherie des Bastes auftreten und durch relativ große, nämlich den Zellraum nahezu ausfüllende mineralische Inhaltskörper ausgezeichnet sind. Fast immer sind diese Inhaltsmassen amorphe Kieselkörper, die keine Zellulose enthalten und im Polarisationsmikroskop einfach lichtbrechend erscheinen, während verkieselte Zellmembranen sich doppelt brechend verhalten.

Abb. 11.
Kieselkörper aus dem Innern der »Stegmata«, die nach Behandlung der Faser mit Chromsäure zurückbleiben. *1* von afrikanischer, 2 von brasilianischer Piassave. Vergr. 500.

Unter den Faserpflanzen kommt es nur bei den Pandaneen vor, daß die Stegmata als Inhaltskörper Kalziumoxalat führen.

Stegmata sind bis jetzt bloß bei Farnen und Monokotylen gefunden worden. Unter den Faserpflanzen wurden sie bisher nur bei den Musaceen, Pandanaceen und Palmen beobachtet. Manilahanf, Kokosfaser und alle Piassaven führen mehr oder weniger reichlich Stegmata mit Kieseleinschlüssen. Die Membranen der kiesel-

führenden Stegmata sind gewöhnlich nicht verkieselt. Dies ist beispielsweise bei sämtlichen Piassaven der Fall. Behandelt man die Faser mit Chromsäure, so bleiben die Kieselkörper der Stegmata in großen Mengen zurück (Abb. 11), alles andere wird durch die Chromsäure zerstört. Auch in der Asche sind die Inhaltskörper der Stegmata leicht zu finden, doch haben sie in diesem Falle ihre charakteristische Gestalt verloren.

i) Leitelemente.

Die mikroskopische Charakteristik der Fasern ist oft mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden, namentlich, wenn es sich um jene zahlreichen Faserstoffe handelt, die im wesentlichen nur aus Bastzellen bestehen. Die Bastzellen haben doch im ganzen ein viel einheitlicheres Gepräge als etwa die Gefäße oder gar die durch große Mannigfaltigkeit ausgezeichneten Oberhäute. Durch eingehende Studien ist es, wie wir ja gesehen haben, und wie es noch viel deutlicher im besonderen Teile dieses Abschnittes hervortreten wird, allerdings gelungen, die Bastzellen verschiedener Pflanzen durch Form, Größe, Verdickungsweise der Membranen, durch deren spezifische Struktur, endlich durch mancherlei spezifische, chemische oder physikalische Eigentümlichkeiten auseinanderzuhalten. Aber oft genug versagen alle diese Mittel oder werden doch so unsicher, daß man sich auch noch anderer Hilfsmittel zu versichern strebt. Und da haben sich in vielen Fällen manche den Fasern anhaftende histologische Elemente der Organe, aus denen die Fasern dargestellt werden, als Anhaltspunkte für die Bestimmung sehr gut bewährt. Wiesner hat in vielen Fällen durch Ausfindigmachen von solchen »Leitelementen« die mikroskopische Prüfung der Faser zu erleichtern versucht.

Diese sogenannten »Leitelemente«, »Nebenelemente«, »charakteristischen Elemente« spielen jetzt in der Faseruntersuchung eine immer größere Rolle, z. B. bei Untersuchung von Lein, Hanf, Manilahanf, Kokosfaser, Piassave, Esparto usw. Eine besondere Wichtigkeit besitzen die Leitelemente bei der häufig außerordentlich schwierigen Papieruntersuchung. Nach dieser Richtung verdanken wir T. F. Hanausek wichtige Beiträge (293—296). Auch A. Herzog (341) hat durch Auffindung von »Leitelementen« (Oberhaut) die Erkennung der Sunnfaser sehr erleichtert. In letzter Zeit hat G. von Iterson jr. (392) uns wichtige Verbesserungen zur Methode der mikroskopischen Untersuchung mitgeteilt, und zwar von Bromeliafasern und einigen wichtigen harten Taufasern auf Grund der diesen anhängenden Zellelemente, die er durch Reiben der Fasern aneinander erhält und dann mittels Methylsalizylat aufhellt.

Die Leitelemente können histologisch einen sehr verschiedenen Charakter tragen. Sehr häufig gehören sie der Oberhaut der betreffenden Organe zu. Sie können aber auch dem Holzkörper oder dem Rindenkörper angehören oder können das Gefäßbündel begleitende Elemente sein, wie die früher besonders abgehandelten höchst charakteristischen Stegmata.

k) Über gestaltliche Veränderungen der Zellhaut an Pflanzenfasern infolge ungleicher Quellung der Zellhautschichten.

Als Charaktereigentümlichkeiten mancher Pflanzenfasern werden häufig Formänderungen angeführt, die bei Einwirkung von Quellungsmitteln zustande kommen und sichtlich auf ungleicher Quellbarkeit der verschiedenen Schichten der Zellhaut dieser Fasern beruhen.

Im hohen Grade quellbar in starken Quellungsmitteln sind jene Zellhautschichten, die der Hauptmasse nach oder (im gebleichten Zustande) gänzlich aus Zellulose bestehen. Ganz anders verhalten sich kutinisierte oder verholzte Zellhautschichten, die entweder gar nicht quellen oder, sofern sie ein kleines Quantum von Zellulose enthalten, in geringem Grade. Wenn also an einer Faserzelle kutinisierte oder verholzte Schichten mit Zelluloseschichten abwechseln, so muß es zu Formänderungen kommen, die sich, wenn die Schichten im Verband bleiben, besonders charakteristisch gestalten. Auch der Innenschlauch toter Pflanzenfasern, der aus einer hautförmigen Schicht von eingetrocknetem Protoplasma besteht, quillt

im Vergleich zu Zelluloseschichten nicht oder nur wenig.

Die Pflanzenfasern quellen niemals gleichmäßig, sondern stets in der Richtung des Querschnittes am stärksten und in der Längsrichtung am wenigsten. Die ungleichartige Volumzunahme, die sich als Folge ungleicher Quellung der Fasern nach Länge und Dicke ergibt, tritt am schärfsten hervor, wenn stark aufquellend wirkende Reagentien, am besten Kupferoxydammoniak, in Anwendung gebracht werden. Die quellungsfähige Faser nimmt dabei so sehr an Dicke zu, daß sie in der Längsrichtung, trotz Quellung, sogar eine Verkürzung erfahren kann. Wie v. Höhnel (374 1a) gefunden hat, können sich Pflanzenfasern bei starker Quellung bis auf 60% verkürzen, während die Dicke hierbei um das sechsfache zunehmen kann. Diese Volumänderungen betreffen nur selten die ganze Faser, nämlich nur dann, wenn sie nur aus Zellulose besteht, was wohl nur bei reingebleichten Fasern zutrifft. Bei den natürlichen Pflanzenfasern, deren Membranschichten eine verschiedene chemische Zusammensetzung besitzen, nehmen bestimmte Schichtenanteile (Kutikula, Mittellamelle bzw. primäre Membran, Innenschlauch) an diesen Volumänderungen keinen oder nur einen verhältnismäßig geringen Anteil und werden, da sie in Verbindung mit den stark quellenden Zelluloseschichten bleiben, begreiflicherweise in ihren Formverhältnissen gänzlich umgestaltet, was auf dreierlei Weise geschehen kann: durch Faltung, Biegung oder Zerreißung; d. h. die mit den quellenden und hierbei sich verkürzenden Zelluloseschichten verbundenen nicht quellenden Schichten können ihre totale Länge nur dadurch bewahren, daß sie sich entweder falten oder hin- und herbiegen, oder aber daß sie in Stücke zerrissen werden.

Unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, zeigt sich eine Übereinstimmung im morphologischen Verhalten stark quellender Pflanzenfasern in Fällen, die man bisher als ganz verschiedenartig betrachtet hat, wie die folgenden Auseinandersetzungen lehren werden.

Der am längsten bekannte einschlägige Fall betrifft die Baumwollfaser, deren Membran nach außen durch die Kutikula, nach innen durch den Innenschlauch begrenzt ist. Zwischen Kutikula und Innenschlauch liegt die fast ganz aus Zellulose bestehende Verdickungsmasse der Zellhaut. Läßt man auf diese Faser Kupferoxydammoniak einwirken, so quellen die Zelluloseschichten, während Kutikula und Innenschlauch an der Quellung nicht teilnehmen. Die sich verdickende und verkürzende Zellulosehaut schiebt die über ihr liegende Kutikula stellenweise zusammen. Dadurch erscheint an dieser Stelle die quergefaltete Kutikula in Form später getrennt erscheinender Gürtel, die der Quellung der Zellulosehaut einen Widerstand entgegensetzen, wodurch blasenförmige Auftreibungen der Zellulosehaut verursacht werden (Abb. 12). Die Kutikula kann sich auch bei der Quellung stellenweise in Form von schraubig verlaufenden Fäden von der Faser abheben. Bezüglich der Veränderungen, die der Innenschlauch der Baumwolle bei der durch Kupferoxydammoniak herbeigeführten Quellung und Verkürzung der Faser erfährt, hat Wiesner festgestellt, daß der Innenschlauch bei fadenförmiger Gestalt sich bei der Verkürzung der quellenden Zellulosehaut wellen- oder schraubenförmig biegt (Abb. 13 *A*), hingegen quergefaltet erscheint, wenn er infolge starker Wandverdickung band-

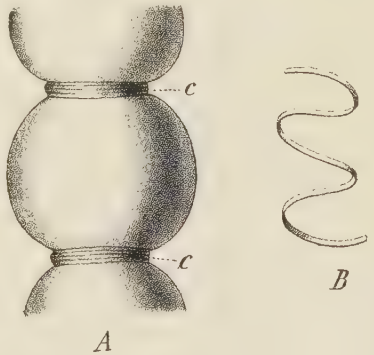


Abb. 12.

Bruchstück einer Baumwollfaser nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak. *cc* Gürtel der faltig zusammengeschobenen Kutikula. Zwischen diesen Gürteln erscheint die von der Kutikula befreite Zellulosehaut blasenförmig aufgetrieben. *B* stärker vergrößert. Durch Aufrollung bei weiterer Einwirkung des Reagens aus dem Gürtel erstandenes Stück der Kutikula. Der an mit Kupferoxydammoniak behandelter Baumwolle gleichzeitig auftretende Innenschlauch wurde in der Abb. *A* weggelassen. Vergr. 300.

förmig ist (Abb. 13 *B*). Wenn aber der Innenschlauch angenähert die Form eines Hohlzylinders hat, so wird er in der quellenden sich verkürzenden Masse hin- und hergebogen (Abb. 13 *C*). Gerade diesen Zustand hat Wiesner schon 1867 (760) beschrieben und abgebildet. Findet man an solchen hin- und hergebogenen Schläuchen stellenweise eine Querfältelung, so deutet diese wohl darauf hin, daß an diesen Stellen eine bandförmige Formänderung des Innenschlauches infolge Verengung des Zellenlumens stattgefunden hat (Abb. 13).

seiner Beschreibung darauf beruht, daß die quellende Zellulosehaut die nichtquellende Kutikula schief, d. h. in der Richtung einer Schraubenlinie zerreißt. Erfolgt die Rißbildung der gefalteten Kutikula quer zur Längsachse der Baumwollenfaser, so entstehen die obengenannten Kutikulargürtel; erfolgt sie schief zur Längsachse der Faser, so entstehen gewissermaßen schief liegende Gürtel. Dieselbe Erscheinung zeigt sich auch an der Mittellamelle bzw. primären Membran quellender Bastzellen, wie weiter unten noch näher auseinandergesetzt werden

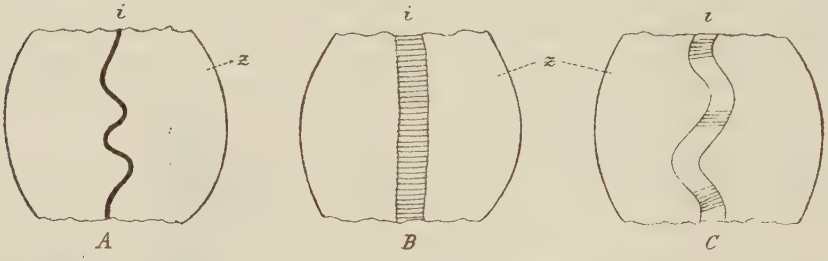


Abb. 13.
Blasenförmige Auftreibungen der Baumwolle in Kupferoxydammoniak. Kutikula bereits abgeschoben. *i* Innenhaut. *A* Innenschlauch fadenförmig, *B* bandförmig, *C* hohlzylindrisch. Vergr. 300.

Wiesner hat weiter die Beobachtung gemacht, daß der aus der quergefalteten Kutikula bestehende Gürtel sich bei weiterer Einwirkung des Kupferoxydammoniaks in ein Schraubenband auflöst (Abb. 12 *B*). Diese merkwürdige Auflösung der gürtelförmig zusammengeschobenen Kutikula in ein Schraubenband deutet nach Wiesner darauf hin, daß bei fortschreitender Quellung wieder eine Längenzunahme der Faser stattgefunden haben müsse. Bei dem Versuch, die Auflösung des Gürtels in ein Schraubenband zu erklären, wird man zu dem Gedanken geleitet, daß eine uns unbekannt gebliebene Struktur der Kutikula diesem Phänomen zugrunde liegen dürfte. Es sei nur noch bemerkt, daß eine analoge schraubenförmige Auflösung auch an durch Quellung quergefaltet gewordenen Mittellamellen bzw. primären Membranen zu beobachten ist, wie weiter unten noch auseinandergesetzt wird.

Eine dieser Aufrollung der Kutikula der Baumwolle ähnliche Gestaltänderung hat v. Höhnel (374) abgebildet, die nach

soll. Es kann übrigens sowohl bei der Baumwolle als bei noch von Mittellamellen, bzw. primären Membranen umschlossenen Bastzellen die Aufrollung der Kutikula, bzw. der bei der Quellung faltig gewordenen Mittellamelle, bzw. primären Membran in Form von schraubenförmig gestalteten Bändern erfolgen.

Ähnlich wie bei der Baumwolle, bei der sich auch der schichtenförmige Aufbau der eigentlichen Baumwollzellwand bei der Quellung oft deutlich beobachten läßt (siehe S. 499), spricht sich die Folge der ungleichartigen Quellung der Zellhautschichten häufig bei Bastfasern aus, und zwar bei solchen, die im natürlichen Gewebeverband durch aus Nichtzellulose bestehende Mittellamellen bzw. primäre Membranen getrennt sind, an die sich nach innen hin Zelluloseschichten anschließen. Wenn an solchen Fasern infolge unvollkommener Röstung noch Mittellamelle und primäre Membran oder Reste von Mittellamelle und primärer Membran vorkommen, so werden bei starker Quellung oft sehr charak-

teristische Formänderungen der Zellhautschichten hervorgerufen. Wird die primäre Membran bei der Röste oder bei der Bleiche vollkommen zerstört, so ist von all diesen Erscheinungen nichts mehr zu bemerken.

Wiesner hat diese Verhältnisse zuerst beim rohen Hanf studiert, wo die Mittellamellen (gemeint sind hier auch die primären Membranen) mehr oder weniger vollständig erhalten sind, und an diese nach innen hin sich Zelluloseschichten anschließen. Läßt man auf eine solche Faser Kupferoxydammoniak einwirken, so quellen die Zellulosemembranen auf. Infolge starker Dickenzunahme bei der Quellung

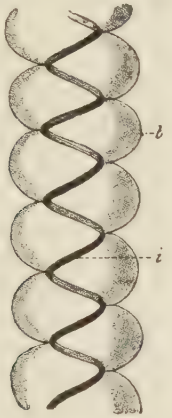


Abb. 14.

Fragment einer mit Mittellamelle und primärer Membran bekleidet gewesenen Hanfbastzelle nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *i* schraubenförmig sich ablösende Mittellamelle und primäre Membran. *b* blasenförmig aufgetriebene Zellulosehaut. Vergr. 400.

verkürzen sich die Zelluloseschichten, während die an der Verkürzung nicht teilnehmenden Mittellamellen, bzw. primären Membranen quergefaltet werden [Wiesner (768)].

Daß die Mittellamelle (einschließlich der primären Membran) bei der Quellung der Hanffaser sich der Quere nach faltet, hat später F. Reinitzer (572) auch gefunden. Nur behauptet er, daß beim Hanf von der Mittellamelle nur Streifen der Bastfaser anhaften, niemals aber die Mittellamellen die Faser rundum umgeben. Daß die Mittellamelle der Bastfaser auch in Form von Längsstreifen anhaften kann, ist gewiß nicht in Abrede zu stellen. Daß aber auch die rohe quellende Faser allseitig von der Mittellamelle umgeben sein kann, ist nach Wiesner nicht nur theoretisch vollkommen verständlich, sondern Wiesner glaubt dies auch klar, wie folgt, beweisen zu können: Wenn die Mittellamelle die Zellulosemembran der Hanffaser allseitig umschließt, so verhält sie sich bei der Quellung der Faser so wie die Kutikula der quellenden Baumwollfaser. Sie faltet sich der Quere nach, bildet quere oder seltener schiefe Faltengürtel (entsprechend den Kutikulargürteln der Baumwolle) durch lokale Rißbildungen, zwischen denen die quellende Masse in blasenförmigen Auftreibungen liegt. Wenn, wie Reinitzer angibt, die Mittellamelle

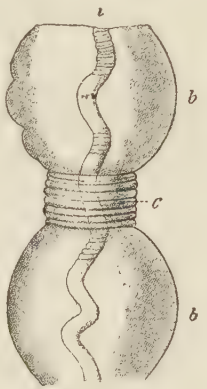


Abb. 15.

Bruchstück einer von der Mittellamelle und primären Membran rund umgebenen Hanfbastzelle nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *b* blasenförmige Auftreibung der Zellulosehaut, *c* Abgestreifte zusammengezogene, gürtelförmig angeordnete Mittellamelle (primäre Membran). *i* Innenschlauch. Vergr. 40.

nur in Längsstreifen den Bastzellen aufliegen würde, so könnte dieser Wechsel von Gürteln und Blasen nicht stattfinden. Auch die faltenförmig gewordene Mittellamelle rollt sich bei weiterer Einwirkung des Kupferoxydammoniaks stellenweise in Schraubenform ab, was bei bloßer Anwesenheit von Längsstreifen der Mittellamelle — und nur von solchen Längsstreifen der Mittellamellen ist bei Reinitzer die Rede — nie eintreten könnte. Was an toten Protoplasmaresten innerhalb der Membran der Hanfbastzelle enthalten ist (Innenschlauch oder faserförmige Protoplasmazüge), wird bei der Quellung der Hanffaser in Kupferoxyd-

ammoniak nicht verkürzt, sondern windet sich bei Kontraktion der Zellulosemasse bei faden- oder schlauchförmiger Gestalt hin und her oder wird bei bandförmiger Gestalt quergefaltet. Auf diese Einzelheiten kommen wir weiter unten bei der Charakteristik der Hanffaser noch zurück. Wenn die Flachsbastzelle von Mittellamellen umschlossen ist, was bei sehr geringen Sorten häufig vorkommt, so setzen nach Wiesner die Mittellamellen bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak den quellenden Zelluloseschichten einen großen Widerstand entgegen, der schließlich überwunden wird, wobei die Mittellamelle in kleine Splitter zersprengt wird. Man sieht, daß das ungleiche Verhalten der Mittellamellen des Hanfes und des Flachses bei Behandlung mit Kupferoxydammoniak ein Mittel an die Hand gibt, um diese beiden Fasern in bestimmten Fällen voneinander zu unterscheiden.

Ähnlich wie beim Flachs verhalten sich die Mittellamellen mit der primären Membran des Ramiebastes (*Boehmeria tenacissima*). Doch ist hier häufig auch eine Andeutung einer deutlichen Faltung der Mittellamelle wahrzunehmen (Abb. 16).

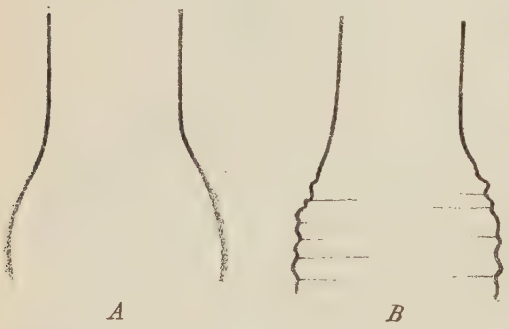


Abb. 16.
Mittellamellen und primäre Membran der Bastzellen von Ramiebast nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. Oben noch unverändert, unten teils zerrissen (*A*) oder zum Teil noch die Querfaltung zeigend (*B*). Vergr. 900.

Tonnenförmige Anschwellungen zeigen sich bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak auch bei ungebleichter Hopfenfaser, bei feineren Typhafasern und bei Fasern von *Edgeworthia Gardneri*.

Wie man sieht, geben die bei ungleicher Quellung der Zellmembranschichten der Fasern auftretenden Formänderungen mancherlei Anhaltspunkte zur Unterscheidung der Fasern.

Zur Unterscheidung von Bastfasern können auch die beim Anfeuchten und Austrocknen sich makroskopisch zeigenden Torsionserscheinungen herangezogen werden. Nach Schwendener (654) zeigen Fasern mit linksläufiger Streifung beim Quellen eine rechtsläufige (im Sinne des Uhrzeigers gerichtete) Torsion, solche mit rechtsläufiger Streifung umgekehrt eine linksläufige Drehung. Beim Austrocknen ist die Bewegung umgekehrt und somit der Streifung gleichgerichtet.

Reimers (569) fand beim Austrocknen von Fasern von Urticaceen, Linaceen, Apocynaceen und Asclepiadaceen Rechtsdrehung, bei Fasern von Salicaceen, Moraceen, Papilionaceen, Malvaceen, Sterculiaceen und Thymelaeaceen Linksdrehung.

l) Morphologie der Asche.

Die Asche der meisten Fasern ist wohl formlos; aber es gibt manche Fasern, in deren Asche ganz bestimmt geformte Bestandteile auftreten, die für die betreffenden Fasern höchst charakteristisch sind.

So findet man z. B. in der Asche der Espartofaser eine Menge von der Form nach völlig wohlerhaltenen Oberhautzellen, nämlich deren Kieselskelette. In mehreren Faseraschen treten Formen auf, an denen man sofort einen kristallartigen Charakter erkennt. In der Regel sind diese Gebilde Scheinkristalle von Kalk, die bei der Veraschung aus den in den betreffenden Fasern enthaltenen Kristallen von Kalziumoxalat entstanden sind und auch noch nach der Verbrennung die ursprüngliche Gestalt beibehielten. Daß diese Scheinkristalle aus Kalk bestehen, erkennt man an ihren Löslichkeitsverhältnissen, ferner an der Einwirkung von Schwefelsäure, die diese Gebilde in nadelförmige Kristalle von Gips umformt. Die in den Pflanzenaschen auftretenden Scheinkristalle unterscheiden sich weder in der Form noch in der Größe von den in den Zellen der Fasern vorkommenden Kristallen, wohl aber im Aussehen. Sie sind nämlich von zahlreichen, lufterfüllten, überaus kleinen Klüften durchsetzt und erscheinen deshalb im Mikroskop schwärzlich.

Die Nachweisung der Kristalle im Aschenbild [Spodogramm nach Mo-

lisch (507b)] bietet gegenüber der direkten und zeitraubenden Aufsuchung der Kristalle in den Geweben den Vorteil, daß durch die Verbrennung der ganzen organischen Substanz der Faser die sonst verstreuten Kristalle auf einen kleinen Raum zusammengedrängt werden.

In den Aschen der folgenden Fasern lassen sich Kristalle nachweisen:

Samenhaare von *Ochroma lagopus* (sehr kleine Mengen in der bekannten Briefumschlagform des Kalziumoxalats).

Roher Bast von *Boehmeria nivea* (kleine Mengen von Kristallaggregaten aus dem subepidermoidalen Parenchym).

Bast, bzw. rohe Bastfaser von *Abelmoschus tetraphyllos* (sehr viele kurze, schiefprismatische Kristallformen, aus dem Bastparenchym stammend).

Roher Bast:

von *Urena sinuata* (große Mengen von Scheinkristallen gleicher Form und Herkunft wie die vorigen).

von *Thespesia macrophylla* (= *Th. Lampas*) (große Mengen von Kristallaggregaten, die durchweg aus den Bastmarkstrahlen stammen).

von *Bauhinia racemosa* (viele kurze, schiefprismatische Formen, aus dem Bastparenchym stammend).

Cordia latifolia (viele Kristallaggregate, von den Bastmarkstrahlen herrührend).

Alle Pflanzenfasern, die Stegmata (s. oben S. unter h) führen, lassen in ihrer Asche den Inhalt dieser Zellen erkennen. Diese Inhaltskörper sind entweder Kieselsäure, die in Form von runden oder morgensternförmigen Körnern in der Asche zurückbleiben (Coir, alle Arten von Piassave, Manilahanf), oder bestehen aus Kalkverbindungen (Pandanusfaser). In der Asche treten die Inhaltskörper der Stegmata nicht in so wohlerhaltenem Zustand auf wie nach der Isolierung mit Chromsäure. Die kieseligen Körper scheinen bei der Veraschung etwas zu schmelzen. In der Regel treten diese Inhaltskörper unbedeckt in der Asche auf, da die umhüllenden Membranen gewöhnlich weder verkieselt noch verkalkt sind.

O. Richter (580) hat in neuerer Zeit die Veraschungsmethode mit der Berlinerblauprobe (Eisennachweis mit Kaliumferrocyanid und verdünnter Salzsäure) kombiniert und hat dabei für die Faserdiagnostik interessante Beobachtungen gemacht. Asche von Manila- und von Sisalhanf wurde durch die Blutlaugensalzprobe mehr oder weniger deutlich blau. Die in den Aschen auftretenden Kügelchen (Kieselschmelze) wurden ebenfalls blau. Kokos- und Piassavefaserasche zeigten Schmelzmassen, die nach der Berlinerblauprobe intensiv blau wurden, während die kleinen Kieselkörper (Stegmata) der Asche eines von Pilzhyphen durchwucherten Kokosstrickes die Berlinerblauprobe nicht gaben. Aloëfaserasche scheint nur einen geringen Eisengehalt zu haben. J. Weese.

III. Chemische Charakteristik der Pflanzenfasern.

An der Zusammensetzung der rohen Faser nehmen teil: Kohlenhydrate, Ligninstoffe, Pektinsubstanzen, Lipoide, Gerbstoffe, stickstoffhaltige Verbindungen, Farbstoffe, Mineralstoffe und Wasser. Aus der Gruppe der Kohlenhydrate werden immer Zellulosen, meist Pentosane, häufig Gummi, mitunter Stärke und Zucker vorgefunden. Das allgemeinere Vorkommen von Hemizellulosen ist wahrscheinlich. Wirklich erwiesen ist es nur bei der Jute. Von den Zellulosen fehlt die Glukozellulose (α-Zellulose von Cross und Bevan) nie. Sie bildet vielmehr der Menge nach den Hauptbestandteil der Fasern und bedingt, soweit hierbei die chemische Zusammensetzung in Betracht kommt, in entscheidender Weise ihren technischen Wert. Sie wird vielfach von weniger widerstandsfähigen Zellulosen (nach Cross und Bevan β-Zellulose, vielleicht Oxyzellulose) begleitet. Der Ligninkomplex fehlt in manchen Fasergattungen vollständig. Als Interzellularsubstanz, die Faserzüge untereinander und mit den umgebenden Gewebselementen verkittend, findet sich die »Pektose« vor. Von Lipoiden sind in den Fasern feste und flüssige Fette, freie Fettsäuren, Wachsarten, Wachsalkohole, Phytosterine und Harze angetroffen worden. Sie sind insofern nicht ohne technische Bedeutung, als ihre Gegenwart den

manchen Fasern eigentümlichen Glanz erzeugt, der in solchen Fällen durch Extrahieren mit Fettlösungsmitteln verloren geht. Die stickstoffhaltigen Substanzen der Fasern sind Protoplasmareste, somit vorwiegend Proteine und diesen nahestehende Verbindungen. Die Pigmente, welche den Fasern im natürlichen Zustand oft gelbe bis braune Färbungen erteilen, sind noch nicht genügend untersucht. Einige von ihnen könnten nach ihrem Verhalten gegen Säuren und Basen dem Anthocyan nahestehen, während andere, so die der Getreidestroharten, vermutungsweise der Karotingruppe beigezählt werden. Meist fehlt bis heute jeder Anhaltspunkt zur Beurteilung der natürlichen Faserfärbungen. Die Mineralstoffe der Fasern sind dieselben, wie sie allgemein in den Aschen der Pflanzen und Pflanzenteile auftreten.

Cross und Bevan (1) sind der Ansicht, daß die Zellwände der Gewebe höher organisierter Pflanzen nicht die Zellulose als solche, sondern esterartige Verbindungen derselben mit Lignin-, Pektin-, Fett- und Kutinstoffen enthalten. Sie bezeichnen derartige Zelluloseverbindungen als zusammengesetzte Zellulosen und sprechen im Sinne dieser Vorstellungen beim Holz und den Fasern, die die Ligninreaktionen zeigen, von Lignozellulosen, bei Fasern mit einem Gehalt an Pektinstoffen von Pektozellulosen, bei lipoidhaltigen Fasern von Adipozellulosen usw. Zu den Lignozellulosen würden somit zu zählen sein: die Jute, die Getreidestroharten, die Fasern anderer Gramineen, die Espartofaser und andere ähnliche; zu den Pektozellulosen: die Baumwolle, die Bombaxwolle (Kapok), Ramie, Flachs, Hanf, Neuseelandflachs, Manilahanf, Sunnhanf u. dgl. Da einige der zuletzt aufgezählten Fasern neben Pektinsubstanz mehr oder weniger Lignin enthalten, wie z. B. die Espartofaser, andere noch überdies einen Gehalt von zum Teil schwer extrahierbaren Lipoiden aufweisen, so die Flachsfaser, so ist die von Cross und Bevan versuchte Einteilung, weil unscharf, nicht zweckmäßig. Aber es ist auch die Existenz von zusammengesetzten Zellulosen im Sinne der Definition von Cross und Bevan bei den Fasern ebensowenig sichergestellt wie bei den Hölzern, wie aus der Beschreibung der einzelnen Fasergattungen zu entnehmen ist, in welchen die Gegenwart von freier Zellulose durch die spezifischen Reagentien (Jod-Schwefelsäure, Jod-Chlorzink, Kupferoxydammoniak) ohne weiteres nachgewiesen werden kann. Andererseits lassen sich die Lipoide den Fasern durch indifferente Lösungsmittel entziehen, wenn auch nicht leicht vollständig. Dies deutet eher auf Gemenge von Zellulose mit ihren Begleitern als auf Zelluloseverbindungen hin.

Von den aufgezählten Bestandteilen der Pflanzenfasern mögen als die wichtigsten die Zellulosen, Ligninsubstanzen und Pektinstoffe eingehender beschrieben werden.

Die Zellulosen der Fasern.

Gereinigte Baumwolle, die nicht der Einwirkung denaturierender Operationen, z. B. energischerer Oxydation u. dgl. ausgesetzt worden ist, besteht fast ausschließlich aus einer Zellulose, die scharf die Zusammensetzung $C_8H_{10}O_5$ hat, von der es nicht mehr zu bezweifeln ist, daß sie bei durchgreifender Hydrolyse kein anderes Monosaccharid liefert als die Glukose, d. h. Glukozellulose ist. Willstätter und Zechmeister (2) zeigten nach vorangegangenen Versuchen anderer (3) mit weniger befriedigenden Ergebnissen, daß Baumwollzellulose sich in kalter überkonzentrierter Salzsäure (40—42%) im Verlauf von etwa 22 Stunden zu einer Flüssigkeit löst, die — polarimetrisch und mittels Fehlingscher Lösung gemessen — über 96% jener Glukosemenge enthält, welche theoretisch aus Glukozellulose entstehen sollte. Sie haben jedoch hierfür den präparativen Beweis nicht erbracht, was um so angezeigter gewesen wäre, als ja die Gegenwart von optisch aktiven und reduzierenden Reversionsprodukten nicht ausgeschlossen war. Dann vermochte Monier-Williams (4) durch Lösen von Baumwolle in Schwefelsäure von 72%, Verdünnen mit Wasser, Kochen und entsprechende Verarbeitung mehr als 90% der berechneten Menge an kristallisierter Glukose darzustellen, und Irvine und Soutar (5) konnten über den Umweg der Azetolyse mehr als 80% des berechneten Traubenzuckers als dessen Methylglukosid zur Wägung bringen. Schließlich gelangten — immer von der Baumwollzellulose ausgehend — Irvine und Hirst (6) über die Triazetylzellulose zur Höchstausbeute

an Methylglukosid im Betrage von mehr als 95% der zu erwartenden Menge, indem sie auf das Azetat methylalkoholische Chlorwasserstoffsäure einwirken ließen.

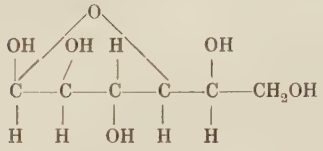
Nach dem Gesagten ist es zu verstehen, warum man in den meisten Fällen für das Studium der echten Zellulose als Ausgangsmaterial gereinigte Baumwolle gewählt hat.

Das röntgenographische Verfahren von Debye und Scherrer lieferte bei Baumwolle, Ramie, zerknüllter Jute und auch bei Hölzern Interferenzbilder, aus denen auf die mikrokristalline Struktur der Faserzellulosen geschlossen wurde, und zwar auf Zugehörigkeit zum rhombischen Kristallsystem. Für die Baumwolle ergab die Rechnung unter Zugrundelegung der Parametermessungen an den Diagrammen das Achsenverhältnis 0·6935 : 1 : 0·4467. Die Abweichungen bei verschiedenen Fasern lagen in den Grenzen der Beobachtungsfehler (7). Moncada (8) fand jedoch mit derselben Methode zwar die anderen Fasern kristallinisch, jedoch die Jute amorph. Die röntgenographischen Beobachtungen von R. O. Herzog und Janke (7) haben auch ergeben, daß im Kristallgitter der Baumwollzellulose die Gruppe $(C_6H_{10}O_5)_4$ sich regelmäßig wiederholt. Hieraus wurde unter Berücksichtigung der beträchtlichen — 50 bis 60% — Spaltung der Zellulose zu Zellobiose $C_{12}H_{22}O_{11}$ (9) mit Hilfe der Azetolysen geschlossen, daß das Zellulosemolekül aus einer Anzahl von Zellobioseresten aufgebaut ist. Hierfür sieht H. Pringsheim (10) eine Bestätigung in der von ihm beobachteten enzymatischen Bildung der Zellobiose aus Zellulose ohne gleichzeitiges Auftreten von d-Glukose, wobei die Entstehung jenes Disaccharids als Umlagerungsprodukt, welche beim azetolytischen Verfahren möglich ist, ausgeschlossen erscheint. Nach den neuesten Erfahrungen über den azetolytischen Abbau anderer Polysaccharide kann dies jedoch keineswegs mehr als vollkommen feststehend angesehen werden. Wird von dieser Unsicherheit abgesehen, so erscheint die Baumwollzellulose als ein multiples Zellobiosan $(C_{12}H_{20}O_{10})_x$. Hiervon weicht die von Pringsheim (10) und Irvine (11) angefochtene Auffassung der Zellulose von Karrer und Smirnoff (12) ab, derzufolge ihr ein anderes Anhydrodisaccharid, das Zellosan, zugrunde liegt, welches zugleich ein Anhydrid der Zellobiose und Maltose (oder Isomaltose) sein soll, und noch mehr die Vorstellung von Irvine (11), der den Baustein der Zellulose alternativ in zwei Formulierungen hinstellt. Die oben dargelegten Ansichten stimmen immerhin darin überein, daß die Zellulose als ein Polymeres ihres Elementarkörpers angesehen wird. Wesentlich verschieden hiervon ist die von K. Hess, W. Weltzien und E. Messmer (13) experimentell begründete Betrachtung der Zellulose als ein Assoziat oder Aggregat einer unbekannten Zahl von Molekülen eines sich leicht umlagernden Hexosans $C_8H_{10}O_5$, in welchem diese Bausteine zusammenhaltend weder Haupt- noch Nebenvalenzen noch Valenzreste, sondern Kräfte noch unbekannter Art wirken, derart, daß bei den chemischen Umsetzungen der Zellulose nur deren strukturchemische Einheit $C_8H_{10}O_5$ in Wirkung tritt. Sie konnten durch Verseifung einer nach einem besonderen Verfahren dargestellten Triazetylzellulose eine Modifikation der Baumwollzellulose darstellen, welche sich von dem nativen Produkte durch ihre vollkommene Löslichkeit in doppeltnormaler Natronlauge unterscheidet — „Zellulose A". Die aus der Schweizerlösung durch Säure gefällte besteht zu 7% aus Zellulose A, im übrigen aus der unlöslichen Form, beide nach dem Röntgendiagramm mikrokristallin.

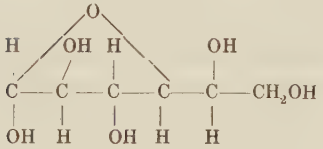
Die Baumwollzellulose liefert bei 150° im Vakuum der Wasserstrahlpumpe etwa 50 % Lävoglukosan, ungefähr ebensoviel wie β-Glukose und Stärke; Leinen-, Hanf-, Strohzellulose weit weniger (14), gewöhnliche Glukose und Maltose sehr wenig oder gar keins, Lävoglukosan wird durch Azetylchlorid in β-Azetochlorglukose übergeführt. An der Zusammengehörigkeit des Lävoglukosans und der β-Glukose ist somit nicht zu zweifeln, und es erscheint durch das Voranstehende wahrscheinlich gemacht, daß die Zellulose der Baumwolle mehr β-glukosidische Bindungen aufweist als die aus anderen Fasern (15). Dies steht nicht im Widerspruch mit der Tatsache, daß Glukozellulose beliebiger Herkunft bei erschöpfender Hydrolyse immer die gleiche, die gewöhnliche Glukose liefert. Denn in deren wässriger Lösung stehen

beide Glukoseformen im Gleichgewicht: α-Glukose $\rightleftarrows$ β-Glukose. Zur Erläuterung des soeben Vorgebrachten mögen nachstehende stereochemische Formeln dienen: I α-Glukose; II β-Glukose; III Typus α-glukosidischer Bindung eines Molekülrestes R; IV Typus β-glukosidischer Bindung (R kann auch ein Hexoserest $C_6H_{11}O_6$ sein).

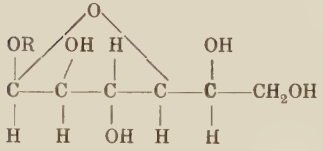
I



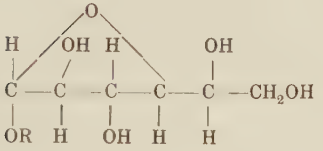
II



III

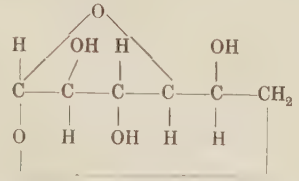


IV



Die Glukosidbindung kann auch intramolekular erfolgen, so in V, dem Lävoglukosan.

V (16)



Wenn sich die Existenz mehrerer stereochemisch isomerer Zellulosen in den Fasern bestätigen sollte, dann wären hierdurch die gröberen Unterschiede in der Widerstandsfähigkeit gegen hydrolytisch wirkende Alkalien und im Verhalten gegen Agenzien: Kupfersulfatlösung und Farbstoffe, wie sie aus Nachstehendem hervorgehen, wohl kaum zu erklären. Sie sind eher auf den Zellulosen auch nach deren technischer Reinigung noch anhaftende Begleitstoffe sowie auf die Vorbehandlung der Fasern zurückzuführen. (Siehe Oxyzellulose, Hydrozellulose, Hydratzellulose, Hydralzellulose in diesem Werke unter chemischer Charakteristik der Hölzer, A, V.)

Die Flachszellulose (17) ist nach der Vollbleiche ebenso zusammengesetzt wie die Zellulose der Baumwolle. Die Spuren wachsartiger Substanz, die sie enthält und die den eigenartigen Glanz der gebleichten Leinenfaser bedingen sollen, scheinen auf die Analysenwerte keinen Einfluß auszuüben. Auch sonst sind die beiden Zellulosearten sehr ähnlich. Doch ist die Flachszellulose durch Salzsäure leichter angreifbar, aber weniger empfindlich gegen konzentrierte Schwefelsäure als die Baumwollzellulose (18), wird von alkalischen Agenzien (Soda) und von Chlorkalk leichter angegriffen und adsorbiert aus einer Kupfersulfatlösung etwa doppelt so viel Kupfer wie diese, ohne daß diese Unterschiede durch Verunreinigungen zu erklären wären. Die vorhandenen Angaben bezüglich Verhaltens beider Zellulosegattungen gegen Farbstoffe stimmen nicht immer überein, so über die ungleich starke Anfärbung durch Methylenblau (19). Kochenilletinktur färbt Baumwolle hellrot, Leinen violett, Krapptinktur erstere hellgelb, letztere orange. Mit Fuchsin gefärbte Baumwolle wird durch Ammoniak rascher entfärbt. Bei allen diesen Unterschieden dürfte es sich wohl um die Wirkung kleiner aber ungleicher Mengen von Oxyzellulose handeln. Diese dürfte auch die gelbliche Färbung der Flachszellulose durch Alkalien sowie die Reduktion von neutraler Silbernitratlösung beim Kochen mit dieser Art von Zellulose verursachen.

Die Jute (20) liefert mit allen Entholzungsmethoden (Bisulfit, Salpetersäure, Permanganat, Bromwasser, Alkali) mit Ausnahme des Chlorverfahrens α-Zellulose, nach letzterem 70—75% eines Gemenges von α- und β-Zellulose (im Verhältnis 4 : 1) mit 42,8—43,8% C und 5,8—5,9% H. Ohne Zweifel enthielt die von Cross und Bevan dargestellte α-Zellulose beträchtliche Mengen von Oxyzellulose, da sie bei der Destillation mit Salzsäure 6 % Furfurol lieferte, nicht weniger als das durch Chlorierung gewonnene Gemenge

der beiden Zellulosen. Bemerkenswerterweise erhielt Beltzer (21) aus der Jute mittels Natriumbisulfitlösung bei 160° C gerade soviel (60—65%) Zellulose wie Cross und Bevan mittels der Müllerschen Bromwassermethode, anscheinend α-Zellulose, löslich in Chlorzink- und in Kupferoxydammoniaklösung und aus letzterer nicht mehr vollständig fällbar. Das Gemenge der Jutezellulosen wird durch Phenylhydrazin gelb, durch Fuchsin rot gefärbt. Gegen hydrolytische Agentien ist die α-Zellulose der Jute weniger widerstandsfähig als die Baumwollzellulose. Die β-Zellulose enthält 6% Methoxyl. Ob der Methoxylgehalt im Sinne der Anwesenheit einer methoxylierten Zellulose zu deuten ist oder vielleicht bloß von Ligninbestandteilen der Jute herrührt, ist nicht genügend sicher festgestellt.

Die Zellulose der Getreidestroharten (22), durch energische alkalische Hydrolyse und Chlorkalkbleiche (technisch) gewonnen und mittels wässriger Fluorwasserstoffsäure gereinigt, ist kohlenstoff- und wasserstoffärmer als normale Zellulose. Cross, Bevan und Beadle fanden im Haferstroh 42,4% C und 5,8% H. Sie sprechen sie als eine Oxyzellulose an. Sie liefert bei der Destillation mit Salzsäure 12—13% Furfurol, ohne aber nach dem Erwärmen mit Phlorogluzinsalzsäure die für die Pentosen bzw. Pentosane charakteristische Rotfärbung zu zeigen; sie wird durch Phenylhydrazinsalze gelb, durch fuchsinschweflige Säure magentarot, durch Kochen mit neutralen Anilinsalzlösungen rosenrot gefärbt und reduziert alkalische Kupferlösung. Durch saure Hydrolyse, am besten durch Erhitzen mit der sechsfachen Menge einprozentiger Schwefelsäure im Autoklaven bis drei Atmosphären und Belassen bei diesem Druck durch 15 Minuten, spaltet sich diese Stroh-»Oxyzellulose« in 66—70% »normaler Zellulose« (mit 45,2% C und 5,6% H!), die nur 1,06% Furfurol gibt, und eine licht gefärbte Lösung, die 90 bis 95% der »furfuroiden Bestandteile« der Strohzellulose enthält. Diese Lösung enthält keine Hexosen, denn sie liefert mit Salpetersäure keine Zuckersäure. Das Reduktionsvermögen von einem Gewichtsteil d-Glukose = 100 gesetzt, beträgt das Kupferreduktionsvermögen von einem Gewichtsteil der schwefelsäurefreien Trockensubstanz dieser Lösung 120 bis 130, was auf eine Pentose hindeuten würde. Die Reaktion mit Phlorogluzinsalzsäure ist jedoch nicht kirschrot, sondern tief violett, Phenylhydrazinazetat gibt ein kristallisiertes Phenylosazon $C_5H_8O_3(N_2HC_6H_5)_2$, zwischen 146 und 153° C schmelzend, ähnlich wie Phenyloxylosazon. Nach Beseitigung der Schwefelsäure mit Bariumkarbonat wurde ein gummiartiger Abdampfrückstand $C_6H_{10}O_5$ erhalten, der mit Salzsäure 39 bis 42,5% Furfurol und mit Wasserstoffsuperoxyd 19,5—20,5% Kohlendioxyd neben dem Geruch von Formaldehyd lieferte. Hieraus schließen die Autoren, daß sich die durch alkalische Hydrolyse des Strohs gewonnene Zellulose beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure in resistente Glukozellulose und ein Pentosemonoformal

spaltet. Letzteres sollte 44,4% Furfurol und bei vollständiger Oxydation der Methylengruppe 27% Kohlendioxyd geben. Diese Schlußfolgerungen sind jedoch in manchen Belangen angreifbar. Solche Pflanzenstoffe, die bei der Destillation mit Salzsäure Furfurol entstehen lassen, aber im übrigen nicht das Verhalten von Pentosanen oder Pentosen zeigen, wurden allgemein als »Furfuroide« oder »Furoide« bezeichnet. Sie sollen sich auch in der β-Zellulose anderer Pflanzenfasern und der Hölzer vorfinden. Ob sie auch dort das geschilderte Verhalten eines Pentosemonoformals zeigen, ist nicht bekannt. Nach E. Schulze (23) entsteht durch energische Hydrolyse der Roggenstrohzellulose mittels des Verfahrens von Flechsig Traubenzucker, jedoch weder Galaktose noch Mannose.

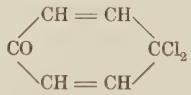
Die Esparto- oder Halfagraszellulose (24) enthält 41,0—41,8% C und 5,8—5,4% H, gibt 12,2% Furfurol und scheint somit der Zellulose aus Getreidestroh ähnlich zu sein. Dagegen ist sie wesentlich verschieden von der Baumwoll- und Flachszellulose, welche keine oder fast keine Furoide enthalten.

Die mittels Alkalien isolierte Ramiezellulose steht in Beziehung auf ihre chemische Resistenz und ihre genetische Beziehung zur d-Glukose (25) der Baumwollzellulose nahe. Gegen Chlorkalk ist sie sogar noch viel widerstandsfähiger als diese.

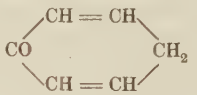
Wie beim Holz die kleinen Mengen von Galaktose und Mannose, die bei schonender Hydrolyse auftreten, als Merkmale für die Präexistenz von Hemizellulosen gedeutet werden können, wäre aus der Auffindung der Mannose (26) unter den Produkten der Säurehydrolyse der rohen Jute der analoge Schluß zu ziehen. Andere Fasern scheinen nach dieser Richtung nicht oder mit negativem Ergebnis untersucht worden zu sein. Bezüglich der pektosehaltigen Fasern muß allerdings bemerkt werden, daß sie eine Erkennung der Hemizellulose mit den gegenwärtig bekannten Mitteln kaum gestatten, da ja die Pektinstoffe mit den Hemizellulosen die Löslichkeit in Alkalien und die Abspaltbarkeit von Galaktose durch Säurehydrolyse teilen. Das gleiche gilt auch wegen der hydrolytischen Entstehung von Pentosen (Arabinose, vielleicht auch Xylose) aus Pektinsubstanzen bezüglich Unterscheidung dieser von den Pentosanen. Letztere hingegen können, falls man die Furfurolbildung bei der Destillation mit Salzsäure als Maßstab für ihre Menge ansieht, ganz oder teilweise auch mit den oben berührten Furoiden verwechselt werden, welche Cross und Bevan in den Stroharten nachgewiesen zu haben glauben und denen sie auch sonst eine weitere Verbreitung im Pflanzenreiche zuschreiben. Aus diesem Grunde sind die Pentosanwerte in der tabellarischen Zusammenstellung auf S. 419, weil aus Furfurolbestimmungen abgeleitet, mit entsprechender Vorsicht aufzunehmen. Doch ist festzuhalten, daß die alkalischen Ablaugen der technischen nach Stone und Test (27) Gewinnung von Strohzellulose ein besonders geeignetes Ausgangsmaterial zur Darstellung des Xylans abgeben.

Über das Vorkommen von Methylpentosan in der Posidoniafaser, bzw. über die Entstehung von Methylfurfurol aus diesem siehe Tabelle auf S. 419.

Von Ligninanteilen der verholzten Fasern ist am eingehendsten der der Jute studiert worden, und dieser insbesondere bezüglich seines Verhaltens gegen Chlor (28). Das Ergebnis dieser Untersuchungen läßt sich bis zu einem gewissen Grade auch auf die Ligninstoffe anderer verholzter Fasern und auch des Holzes anwenden. Nach Behandlung der feuchten Jutefaser mit Chlorgas läßt sich durch Auslaugen mit Alkohol und Versetzen der alkoholischen Lösung mit Wasser das »Ligninchlorid« $C_{19}H_{18}Cl_4O_9$ in gelben Flocken abscheiden, das nach Cross und Bevan ein dem Mairogallol aus Pyrogallol $C_{18}H_7Cl_{11}O_{10}$ vergleichbares Produkt und wie dieses ein Abkömmling des Chinonchlorids:



sein soll. Die dem Ligninchlorid entsprechende (hypothetische) halogenfreie Muttersubstanz $C_{19}H_{22}O_9$, das »Lignon«, soll den zyklischen Komplex:



den »Keto-R-Hexenbestandteil« enthalten, den Hantsch und Schniter (29) dem Mairogallol zugrunde legen. Diese Vorstellung wird gestützt durch die Bildung gechlorter Chinone bei der trockenen Destillation des Ligninchlorids, durch teilweise Überführung des Ligninchlorids in Trichlorpyrogallol mittels naszierenden Wasserstoffs und durch das Auftreten einer Purpurfärbung bei Einwirkung einer Lösung von neutralem Natriumsulfit, Na_2SO_3, auf Ligninchlorid, wie sie auch Mairogallol unter gleichen Umständen zeigt. Da bei der Chlorierung der feuchten Jute annähernd ebensoviel Chlor als Chlorwasserstoff auftritt, wie ins Ligninchlorid eingeht, so vollzieht sich bei dieser Chlorierung nebenher kein Oxydationsprozeß, sondern die Bildung des Chlorids und dessen hydrolytische Abspaltung vom Zelluloseanteil sind als Hauptreaktionen zu betrachten.

Der Keto-R-Hexenbestandteil soll durch Vermittlung der Hydroxylgruppen mit einem hypothetischen Ligninbestandteile, $C_{11}H_{10}(OCH_3)_2O_4$, kondensiert sein, welcher, weil mit Salzsäure gleichfalls Furfurol liefernd, als »Furfurolkomplex des Lignins« bezeichnet wird. Aus quantitativen Bestimmungen der beiden Zellulosen und des Ligninchlorids und Bestimmungen des Furfurols und Methoxyls in der Jute und in ihren einzelnen Bestandteilen schließen Cross und Bevan, daß die Jutefaser sich zusammensetzt aus 60—65% α-Zellulose, 15—20% β-Zellulose, 18—22% Fur-

furolkomplex $C_{13}H_{16}O_6$ und 7—9% Keto-R-Hexenderivat, und daß diese Anteile nach konstanten Verhältnissen chemisch miteinander verbunden sind. Wenn hierfür auch andere Beobachtungen ins Treffen geführt wurden, wie die Löslichkeit der gesamten Jutesubstanz in Zinkchlorid und in Kupferoxydammoniak (30), die Gleichartigkeit des Verhaltens der aus solchen Lösungen durch Verdünnen oder durch Säuren fällbaren und der 15—25% in Lösung bleibenden Substanz mit dem der ursprünglichen Jutefaser und identisches Verhalten des bei Einwirkung von Alkalien auf nitrierte Jute sich lösenden Anteiles und des Lösungsrestes (31), so erscheint doch die Existenz von Lignozellulosen als bestimmter chemischer Verbindungen von Zellulosen und Lignin keineswegs über jeden Zweifel sicher festgestellt und die Homogenität des Lignins gegenwärtig mehr als fraglich.

Das Verhalten der anderen verholzten Fasern und auch das des Holzes im feuchten Zustande gegen Chlor gleicht einigermaßen dem der Jute: Gelbfärbung bei der Chlorierung, Rotfärbung bei nachfolgender Behandlung mit Natriumsulfit, Möglichkeit der Isolierung von Substanzen mittels Alkohol, die in Beziehung auf Eigenschaften und Zusammensetzung dem Ligninchlorid aus Jute ähnlich sind. So enthält das Ligninchlorid aus einem spanischen Mahagoniholz 30,4% Chlor, während die Formel $C_{19}H_{18}Cl_4O_9$ 26,7% verlangt. Ähnliches liegt bezüglich der Chlorierung des Holzes der Kiefer, Buche und Birke vor. Doch findet bei Einwirkung des Chlors auf Hölzer im allgemeinen neben der Chlorierung auch im größeren Umfange Oxydationswirkung statt. Das Studium der Chloreinwirkung auf andere Fasern als Jute ist bis jetzt ein bloß qualitatives geblieben.

Bezüglich des Nachweises der Lignin-substanzen in den Fasern bedient man sich der in der chemischen Charakteristik des Holzes (s. d. A, V) angegebenen Farbenreaktionen, besonders der Phlorogluzinreaktion. Hier sei nur im allgemeinen bemerkt, daß nur wenige Fasern sich als ligninfrei erwiesen haben (z. B. Baumwolle, Flachs [32]); weitaus die meisten zeigen die Ligninreaktion in mehr oder weniger starkem Grade (33). Weiteres über Lignin in diesem Werke unter »Chemische Charakteristik der Hölzer« A, V.

Die in pflanzlichen Geweben der verschiedensten Art vorwiegend als Bestandteile der Mittellamelle verbreiteten Pektinstoffe, die, wie bereits am Beginn dieses Abschnittes erwähnt wurde, auch als Bestandteile einer Anzahl von rohen Fasergattungen auftreten und als Interzellularsubstanzen besonders die Bastfasern teils mit ihrem Nachbargewebe, teils auch untereinander verkitten, sind den Polysacchariden nahestehende Kolloide, die ihrem physikalischen und chemischen Verhalten zufolge nur unscharf von den Hemizellulosen, Pentosanen, Pflanzenschleimen und Gummiarten abgegrenzt erscheinen, derart, daß früher wiederholt in Frage gestellt werden durfte, ob sie eine besondere Stoffklasse vorstellen.

Bezüglich der umfangreichen Literatur der Pektinstoffe sei auf umfassende Zusammenstellung in Czapeks Biochemie der Pflanzen, 1913, S. 665 ff. hingewiesen, wo sich auch eine sehr eingehende Beschreibung dieser Substanzen findet. Eine gedrängtere rein chemische Darstellung bringt Tollens in »Kurzes Lehrbuch der Kohlenhydrate«, 1914, S. 491 ff.

In Lafars Handbuch der Technischen Mykologie, 1904—1906, Band 3, S. 269 ff., handelt ein Beitrag von J. Behrens über Pektingärung. Diese ist für die Veredelung der Gespinstfasern wichtig.

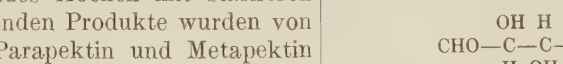
Die Pektinstoffe sollen in ihrem ursprünglichen Zustand in Wasser unlöslich sein (Fremys Pektose). Sie enthalten in dieser Form immer Kalzium und sind daher Kalziumsalze von irgendwelchen Säuren (Mulders Pektinsäure) oder enthalten wenigstens solche (Beijerincks Pektose, Tschirchs Protopektin). Pektose hinterbleibt als unlösliches Zellhautskelett (vielleicht als Cupripektat) nach Behandlung mikroskopischer Schnitte von pektoseführenden Geweben mit Kupferoxydammoniak. Nach Waschen mit Wasser zeigt der Lösungsrückstand keine der Reaktionen der Zellulose, wird nicht von den spezifischen Zellulosefarbstoffen, wohl aber von Hämatoxylin nach Delafield, ferner von Fuchsin, Hofmanns Violett, Jodgrün, Bismarckbraun, Malachitgrün, Auramin, Nilblau, Methylenblau usw. gefärbt. Die

anfänglich für die Pektose im natürlichen Zustande von Mangin (34) für besonders charakteristisch gehaltene Rotfärbung durch ammoniakalisches Rutheniumrot $Ru(OH)_2Cl_{11}(NH_3)_7 + 3H_2O$ hat ihren Wert als Erkennungsmittel verloren, seitdem festgestellt wurde, daß auch Glykogen, Isolichenin, Pflanzenschleime und Gummiarten durch das Reagens in ähnlicher Weise gefärbt werden (35). Durch aufeinanderfolgende Einwirkung von kalter verdünnter Salzsäure und kochenden Alkalien entstehen aus Pektose die im freien Zustande in kaltem Wasser unlösliche Pektinsäure und dann ihr lösliches Alkalisalz oder vielleicht auch Alkalisalze von hydrolytischen Spaltungsprodukten der Pektinsäure. Wird auch das Alkali kalt verwandt, so unterbleibt die Hydrolyse. Schon das Kochen mit Wasser scheint beginnende Hydrolyse der nativen Pektose zu bewirken. Hierbei entstehen in heißem Wasser, besonders bei Gegenwart von Zucker, lösliche, beim Erkalten sich gallertig ausscheidende Pektine (Gelee der mit Zucker eingekochten Früchte), deren Hydrolyse mit zunehmender Dauer des Kochens unter Einbuße an Gelatinierfähigkeit vorzuschreiten scheint. Die durch kurzes Kochen mit stärkeren Basen entstehenden Produkte wurden von Fremy als Parapektin und Metapektin bezeichnet. Diese wandeln sich bei weiterer Einwirkung der kochenden Laugen in Salze der Parapektinsäure und Metapektinsäure (Fremy und Chodnew) oder der Arabinsäure (?) (Scheibler) um. Die hydrolytische Überführung der nativen Pektose in lösliche Produkte, darunter reduzierende Zuckerarten, soll nach Bourqelot und Hérissy (36) durch die im Malzextrakt vorkommende Pektinase beschleunigt werden. Andererseits bilden sich in neutralen pektinhaltigen Extrakten auf Zusatz von vielen Pflanzensäften Gallertausscheidungen wie Fremy annimmt, unter dem Einfluß eines lösliche Pektinstoffe koagulierenden Enzyms, der Pektase. Vielleicht handelt es sich hierbei nur um die Ausscheidung von unlöslichen Kalziumpektaten. In Gegenwart der Pektinase bleibt die Pektasewirkung aus. Durch die »Pektosinase«, welche verschiedene bei der Flachsröste wirksame Mikroben erzeugen, wird nach Beijerinck und van Delden (37) die unlösliche Pektose in der Mittellamelle der Leinpflanze und anderer Bastfaserpflanzen in lösliche Pektine und weiterhin in Zuckerarten übergeführt.

Nach älteren Angaben entfernt sich die elementare Zusammensetzung der Pektinstoffe von der der Kohlenhydrate insofern, als das Gewichtsverhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff vom normalen 1 : 8 stark abweicht. Es erreicht sogar den Wert 1 : 12. Neuere Analysen an sorgfältiger gereinigtem Material (40) führten zum Verhältnisse 1 : 7,9 bis 1 : 9,0. Die hydrolytische Überführbarkeit der Pektinstoffe in Pektinsäuren machen die Gegenwart einer unter Umständen intramolekular veresterten Karboxylgruppe wahrscheinlich, die jedoch wegen der beträchtlichen Molekulargröße der Pektinstoffe deren elementare Zusammensetzung nicht sehr beeinflußt.

Als einfachste hydrolytische Spaltungsprodukte der Pektinstoffe wurden Galaktose, d-Glukose (?) und l-Arabinose aufgefunden. Die unzweifelhaft daneben entstehende einfachere Karbonsäure wurde erst in jüngster Zeit isoliert und bearbeitet.

Es ist dies eine Polygalakturonsäure (38) $(C_6H_{10}O_8)_x$, welche sich weiter zur Galakturonsäure:



spalten ließ. Die Polysäure findet sich im Urpektin des Zuckerrübenmarks, auch in dem anderer pektinführender Wurzeln und der Obst- und Beerenfrüchte einerseits an Arabinose und Galaktose, andererseits an Ca und Mg und an CH_3 (39) gebunden. Das native Rübenpektin zerfällt bereits beim Kochen mit Wasser in ein Araban und das Ca-Mg-Salz der Pektinsäure. Ehrlichs Pektinsäure, durch Bleiessig fällbar, ist das, was sonst Pektin genannt wird. Mit überschüssiger Natronlauge liefert sie neben Methylalkohol, welcher nach v. Fellenberg (40) auch aus dem Urpektin durch Erhitzen mit Wasser und verdünnten Säuren abgespalten wird, eine sandige Ausscheidung des Natriumsalzes der Polygalakturonsäure. Letztere wird durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure in die einfache Galakturonsäure übergeführt. Für diese ist die Bildung von Schleimsäure durch Br und H_2O oder Br und verdünnte Salzsäure

charakteristisch. Selbstverständlich wird sie wie die Galaktose auch durch HNO_3 zu Schleimsäure oxydiert. Ein Teil der letzteren, welche durch HNO_3 aus Pektinstoffen erhalten wird, entstammt nicht vorher vorhanden gewesener Galaktose, sondern der Polygalakturonsäure. Die Differenz der durch HNO_3- und durch Br-Oxydation entstehenden Schleimsäuremengen ist auf Galakturonsäure umzurechnen.

Vorstehendes dürfte zum Teil auch für die Pektinstoffe der Fasern gelten, obwohl diese sich vom Wurzel- und Fruchtpektin merklich, z. B. beim Flachs, durch ihre geringere Quellbarkeit und nach E h r l i c h durch einen geringeren Gehalt an Galakturonsäure unterscheiden.

Aus nachstehender Tabelle ist die Zusammensetzung der wichtigsten Fasern zu entnehmen:

Fasergattung	Asche %	Wasser %	Wasserextrakt %	Zellulose %	Inkrustierende Subst. aus d. Verluste %	Fett u. Wachs %	Stickstoff-Substanz %	Methylzahl	Furoide oder Pentosan im Mittel %
Jute, fast farblos (41)	0,68	9,93	1,03	64,24	24,41	0,39	—	—	—
„ rehfarben (41)	—	9,64	1,63	63,05	25,36	0,32	—	—	—
„ cuttings, braun	—	12,58	3,94	61,74	21,29	0,45	—	—	—
Winterroggenstroh (41)	3,2	14,3	9,34	49,22	27,70	1,99	1,5	—	25
Wintergerstenstroh (42)	5,5	14,3	—	—	—	2,0	2,0	—	25
Winterweizenstroh (42)	5,5	14,2	8,52	49,17	30,34	1,58	2,0	—	25
Sommergerstenstroh (42)	7.0	14,3	—	—	—	1,4	3,0	—	—
Haferstroh (42)	5,0	14,3	—	46,5—42,0	—	2,0	2,5	—	27
Maisstroh (42)	4,0	14,0	—	—	—	1,1	3,0	—	über 40
Bambus (43)	5,13	9,03	11,16	52,84	26,17	0,83	—	—	—
Esparto, span. feinblättrig (44)	3,72	9,75	10,68	50,19	27,23	2,15	—	—	—
Esparto, span. grobblättrig (44)	3,45	10,30	12,02	49,52	25,73	2,43	—	—	—
Esparto, afrikan. dickblättrig (44)	3,34	8,45	10,05	50,16	28,83	2,51	—	—	—
Rohbaumwolle, Surat (45)	0,22	7,50	—	91,35	0,53	0,40	—	—	—
Rohbaumwolle, Amerika (45)	0,12	8,00	—	91,00	0,53	0,35	—	—	—
Rohbaumwolle, Ägypten (45)	0,25	7,85	—	90,80	0,68	0,42	—	—	—
Kapok, roh (46)	3,58	8,6—9,3	—	64,3—71,1	—	5,77	—	8,18	23—25
Chinagras (47)	2,87	9,05	6,47	78,07	6,10	0,21	—	—	—
Rhea (47)	5,65	10,15	10,34	66,22	12,70	0,59	—	—	—
Flachs [Lin bleu de Lockeren (48)]	0,70	8,65	3,65	82,57	2,39	2,39	—	—	—
Flachs (Lin Wallon) (48)	1,32	10,70	6,02	71,50	9,41	2,37	—	—	—
Roher Flachs (49)	1,00	—	—	65—70	20—25	—	—	—	—
Hanf (50)	0.82	8,88	3,48	77,70	9,31	0,56	—	—	—
Neuseelandflachs (51)	0,63	11,61	21,99	63,00	1,69	1,08	—	—	—
Manilahanf (52)	1,02	11,85	0,97	64,72	21,80	0,63	—	—	—
Sunnhanf (53)	0,61	9,65	2,84	80,49	6,46	0,56	—	—	—
Posidoniafaser (54)	3,08	—	—	38,41	—	—	—	—	11,13

S. Zeisel.

IV. Die physikalischen Eigenschaften der Fasern.

Wenn auch die physikalischen Eigenschaften der Pflanzenfasern bisher noch keine durchgreifende, dem heutigen Standpunkt der Naturwissenschaften entsprechende Bearbeitung gefunden haben, so hat doch das Studium dieses wichtigen Gegenstandes schon beachtenswerte Erfolge zu verzeichnen, die für die Charakterisierung und Untersuchung dieser Rohstoffe von Bedeutung sind.

a) Farbe.

Die Farbe der meisten Fasern ist weißlich, ins Gelbe, Grüne oder Graue geneigt. Nur selten haben die Fasern eine andere natürliche Färbung, die dann fast immer

für die betreffende Faser charakteristisch ist. So ist die kotonisierte Ramiefaser schneeweiß, der Kordiabast blaßgelblich, die Bauhiniafaser rostbraun, die Kokosfaser braun in verschiedenen Nuancen, die brasilianische Piassava zimt- bis schokoladebraun, die afrikanische Piassave strohgelb bis tiefbraun, die Tillandsiafaser und die Caryota-Piassave (Kitool) braunschwarz bis schwarz.

b) Glanz.

Die Pflanzenfasern zeigen in Beziehung auf Glanz alle Grade, von völliger Glanzlosigkeit angefangen bis zum lebhaftesten Seidenglanz. So ist die Kordiafaser und die Bastfaser von *Calotropis gigantea* matt im Aussehen, die Jute deutlich seideglänzend; die vegetabilische Seide besitzt einen starken, von der natürlichen Seide nicht übertroffenen Glanz.

A. Herzog (343) unterscheidet hinsichtlich der Stärke des Glanzes fünf praktisch genügend abgegrenzte Stoffklassen: 1. Allgemeines Aussehen matt: ostindische Baumwolle. 2. Schwach glänzend: Flachs, Ramie, Sea-Island und Makobaumwolle. 3. Deutlich glänzend: Pflanzendaunen, merzerisierte Baumwolle, Rohseide usw. 4. Stark glänzend: Pflanzenseide, gekochte natürliche Seide usw. 5. Hochglänzend: Kunstseide.

Der Glanz der Faserstoffe, der auf der regelmäßigen Zurückwerfung des auffallenden Lichtes beruht, hängt nach A. Herzog (343) in erster Linie von der Oberflächenbeschaffenheit und bei rohem Bastfasermaterial von der Art und Weise des gegenseitigen Verbandes der Einzelfasern ab. Außerdem spielt aber noch nach A. Herzog die Gleichmäßigkeit des inneren Gefüges, die Durchsichtigkeit und teilweise auch die Farbe der Faser eine bedeutende Rolle. Glatte, regelmäßig gestaltete Oberflächen (wie z. B. bei merzerisierten Fasern) ermöglichen hohen Glanz, während feine Runzelungen (wie z. B. bei der ostindischen Baumwolle) oder Rauhigkeiten ein mattes Aussehen der Faser verursachen. Über die anderen den Glanz beeinflussenden Momente siehe die Ausführungen über die Verschiedenheit im Glanz der Flachsfaser.

c) Doppelbrechung der Fasern.

Die Doppelbrechung (Anisotropie) der vegetabilischen Zellhaut wurde zuerst von Kindt, und zwar an der Baumwolle nachgewiesen (Poggendorffs Annalen, LXX [1847], S. 167). Die Membran der Pflanzenzelle ist in der Regel doppelbrechend, doch gibt es Ausnahmen, z. B. die Membranen der Myzelfäden von *Tremella fimbriata Pers.*, die erst durch Zug oder Druck doppelbrechend werden [Ebner (200), S. 211. Literatur über das Zustandekommen der Doppelbrechung: Nägeli und Schwendener (653), Ebner (200), Schwendener (654)]. Aber die Zellhäute der Pflanzenfasern sind immer anisotrop. Bringt man eine Pflanzenfaser zwischen die gekreuzten Nikols eines Polarisationsmikroskops, so erscheint sie immer hell im dunkeln Gesichtsfeld. Von R. Haller (Chemikerzeitung 1908) ist allerdings behauptet worden, daß die tote Baumwolle einfach lichtbrechend sei, was aber nach A. Herzog (340) nicht richtig ist. Infolge der geringen Dicke der Membran ist nämlich in der Längsansicht der Faser nur der Grad der spezifischen Doppelbrechung außerordentlich niedrig.

Der Grad der Doppelbrechung ist bei verschiedenen Fasern verschieden. Beispielsweise ist die Bastzelle der Kokosfaser (Coir) so außerordentlich schwach anisotrop, daß sie das Gesichtsfeld nur sehr wenig aufhellt. Viele Pflanzenfasern sind aber so stark doppelbrechend, daß sie in allen prismatischen Farben erscheinen, z. B. die Bastzellen von Flachs und Hanf. Man kann also von einer spezifischen Doppelbrechung der Pflanzenfasern sprechen.

H. Behrens (77) hat zuerst den Versuch gemacht, die spezifische Doppelbrechung zur Charakterisierung der technisch wichtigsten Fasern heranzuziehen.

Es folgt hier eine Übersicht der Polarisationsfarben der von Behrens untersuchten Pflanzenfasern.

Gefäße und Parenchymzellen von Holz und Stroh .	Dunkelgrau.
Epidermiszellen von Stroh und Esparto . . .	

Kokosfaser . . .	Dunkelgrau, Grau.
Baumwolle, Faserzellen von Holz und Stroh . . . Bastfaser von *Phormium tenax* . .	Dunkelgrau, Grau, Hellgrau; auch schon Weißlich bis Gelb.
Faserzelle von Esparto und Jute	Dunkelgrau, Grau, Hellgrau, Weißgelb; doch auch schon bis Rot.
Bastzellen von Flachs und Hanf	Weiß, Gelb I, Orange, Rot, Violett, Blaugrau, Gelb II; wechselt meist von Gelblichweiß und Gelb II, am häufigsten Violett.

Sehr eingehende, auf eine größere Zahl von Pflanzenfasern bezugnehmende Untersuchungen über spezifische Doppelbrechung hat B. Remec (572a) ausgeführt. Er zeigte zunächst, daß chemisch identische Fasern selbst bei gleicher Dicke eine sehr verschiedene spezifische Doppelbrechung zeigen können. So ist bei gleicher Dicke die Ramiefaser schwach, die Flachsfaser sehr stark doppelbrechend, obgleich beide nahezu aus reiner Zellulose bestehen. Er fand ferner, daß die Verholzung auf den Grad der Doppelbrechung keinen merklichen Einfluß ausübt. Es geben rohe und ihrer Holzsubstanz völlig beraubte Fasern von Hanf bei gleicher Dicke der Membran die gleichen Polarisationsfarben. Ein gleiches Verhalten zeigt die rohe und die von ihrer Holzsubstanz befreite Manilahanffaser. [Aisslinger (48) hält allerdings, im allgemeinen den Beobachtungen von Remec zustimmend einen Einfluß der Verholzung auf die Doppelbrechung für möglich.] Eine 10 μ dicke Hanfbastzelle gibt in beiden Zuständen als höchste Farben Blau bis Grün, die Bastzelle des Manilahanfs in beiden Zuständen bei derselben Dicke als höchste Farbe Gelb. (Die angegebenen Farben beziehen sich stets auf den mittleren Teil der Längsansicht der Faser, nicht auf den Rand.)

Dagegen ist erwiesen, daß die Gegenwart von Kutin oder Suberin, also fettartiger Substanzen, in der Zellhaut den Grad der Doppelbrechung herabsetzt, was zuerst von Dippel (181, II) beobachtet, später von Ambronn (52) eingehend dargelegt wurde. Ganz besonders mit Rücksicht auf Pflanzenfasern wurde dieses optische Verhalten der Zellhaut von Remec untersucht, wobei die Beobachtungen von Dippel und Ambronn bestätigt wurden.

Es ist selbstverständlich, daß eine und dieselbe Substanz, also auch eine und dieselbe Faser desto höhere Polarisationsfarben zeigen wird, je dicker sie ist. Im großen ganzen werden, wie obige Tabelle lehrt, die höchsten Polarisationsfarben bei den dicksten Fasern auftreten. So hat ja auch schon Behrens gezeigt, daß ein Bastbündel der Jute höhere Polarisationsfarben gibt, als eine isolierte Jutebastzelle. Remec beobachtete an einer und derselben Pflanzenfaser in dem angeführten Sinne ein Ansteigen der Polarisationsfarbe je nach der Dicke der Zellhaut, wie aus folgenden Daten hervorgeht.

a) Jute.

Zellbreite	Membrandicke	Polarisationsfarbe
8 μ	1 μ	Grau I
10 „	2 „	„
14 „	4 „	Graublau I
8 „	3,5 „	Gelb I
22 „	5 „	„
18 „	7 „	Orange I
26 „	10 „	Rot I

b) Faser von *Musa troglodytarum*.

Zellbreite	Membrandicke	Polarisationsfarbe
10 μ	2 μ	Graublau I
10 „	3 „	„
12 „	4 „	„
16 „	5 „	Gelb I
16 „	6 „	„
16 „	7 „	Orange I

c) Hanffasern.

Zellbreite	Membrandicke	Polarisationsfarbe
12 μ	2 μ	Grau I
8 „	2 „	Weiß I
26 „	4 „	„
12 „	2 „	Gelb I
12 „	4 „	„
28 „	8 „	„
16 „	4 „	Orange I
14 „	5 „	„
14 „	6 „	Rot I
14 „	5,5 „	„
18 „	8 „	„

Zellbreite	Membrandicke	Polarisationsfarbe
18 μ	6 μ	Indigo II
24 „	7 „	„
22 „	7 „	Blau II
14 „	5,5 „	Grün II
26 „	6 „	„
24 „	8 „	„

Wie man sieht, ist es nicht die Breite, sondern die Dicke einer Faser, welche ceteris paribus die Höhe der Polarisationsfarbe bedingt. So liefert eine Baumwollfaser, die dem Beobachter die Breitseite zuwendet, Grau oder Weiß, während die Schmalseite in hohen Farben (bis Grün II) leuchtet.

Aber nicht nur die Dicke der Membran einer Faser, sondern auch ihre innere Organisation oder, wenn man will, ihre spezifische Molekularstruktur, bedingt die spezifische Doppelbrechung einer Faser. Dies lehrt ja wohl schon das bezüglich der Hanffaser angeführte Verhalten. Die Polarisationsfarben steigen hier nicht stetig mit der Membrandicke. Die in der Organisation selbst einer und derselben Faser gelegenen Verschiedenheiten können ungleiche Doppelbrechung bedingen. Besonders auffallend ist aber das verschiedene Verhalten verschiedener Fasern bei gleicher Wanddicke. So erreichen die Tillandsiafasern bisweilen eine Membrandicke von 6 μ und geben dabei im Polarisationsmikroskop Grau, während Hanffasern von derselben Wandstärke Rot I, Indigo III oder Grün II erkennen lassen.

Die Polarisationsfarben der einzelnen Faserarten sind, wie die Beobachtung lehrt und die verschiedene Verursachung der spezifischen Doppelbrechung es auch erklärlich erscheinen läßt, nicht absolut, aber innerhalb fester Grenzen konstant, so daß man diese optische Eigenschaft in der Charakteristik der Fasern, wenigstens in einzelnen Fällen, mit Vorteil benutzen können wird. Es handelt sich nur darum, die Farben, beziehungsweise die Farbtöne (z. B. Rot I, Rot II), welche die einzelnen Fasern im Polarisationsmikroskop erreichen, richtig zu bestimmen. Zur genauen Ermittlung der Polarisationsfarben kann man sich mit Vorteil des Gipsplättchens Rot I (Rot erster Ordnung) bedienen. Wenn die optische Hauptachse (die längste Achse des Elastizitätsellipsoids) dieses Gipsplättchens mit jener der Faser zusammenfällt, so erhält man bestimmte Additionsfarben. Wenn aber die optische Hauptachse des Gipsplättchens senkrecht auf der optischen Hauptachse der Faser steht, so erhält man bestimmte Subtraktionsfarben. Zum Vergleich der auftretenden Additions- und Subtraktionsfarben bedient man sich mit Vorteil einer Bravaisschen Doppelplatte mit einem Gipsplättchen Rot I (A. Herzog, 352, 353).

Hier folgt eine Zusammenstellung der spezifischen Doppelbrechung der wichtigsten Pflanzenfasern — es wurden stets isolierte Zellen geprüft und die Polarisationsfarben am mittleren Teil der Längsansicht geprüft — von charakteristischem Verhalten nach den von Remec angestellten Beobachtungen:

a) Polarisationsfarbe bis Weiß I. Baumwollfaser, Ramiefaser, ferner Fasern von *Yucca gloriosa, Sansevieria ceylanica, Aloë perfoliata, Adansonia digitata, Bromelia* sp.

b) bis Gelb I. Afrikanische Piassave, Manilahanf. *Cordia latifolia.*

c) bis Rot I oder Indigo II. Jute, Esparto, *Urena sinuata, Abelmoschus tetraphyllos.*

d) bis Grün II. Lein, Hanf, ferner die Bastfasern von *Calotropis gigantea, Crotalaria juncea, Bauhinia racemosa, Pandanus odoratissimus.*

Nach den von Remec angestellten Beobachtungen geben die meisten Fasern (Flachs, Hanf, Jute, Ramiefasern, Manilahanf, Pitefaser, afrikanische Piassave) zu Grau I als Additionsfarbe Indigo II und als Subtraktionsfarbe Orange I. Bei diesen Fasern fällt die optische Hauptachse mit der Faserrichtung zusammen. Nach den Untersuchungen von J. Schiller (624) trifft diese Orientierung der optischen Achsen bei allen Pflanzenfasern zu. Hingegen wurde von Remec ein entgegengesetztes Verhalten bei der Kokosnußfaser, bei der brasilianischen Piassave und bei der Tillandsiafaser gefunden. Bei diesen Objekten steht nach Remec die optische Hauptachse senk-

recht zur Längsrichtung der Faser. Was die Höhe der Doppelbrechung der Pflanzenfasern anlangt, so ist zu bemerken, wie enorm verschieden diese bei verschiedenen Arten ist, weshalb man sich in manchen Fällen der Unterscheidung dieses optischen Charakters mit Vorteil bedienen kann. Schon V. v. Ebner (200) hat auf die merkwürdige Tatsache aufmerksam gemacht, daß die Bastfasern von Flachs und Hanf hinsichtlich der Höhe der Doppelbrechung Gips und Quarz bedeutend überragen. J. Schiller hat diesen Vergleich zahlenmäßig durchgeführt und fand für

Lein . . .	$\gamma - \alpha = 0{,}0395$
Hanf . . .	$\gamma - \alpha = 0{,}0550$
Quarz . . .	$\gamma - \alpha = 0{,}0091$
Gips . . .	$\gamma - \alpha = 0{,}0098$
Orthoklas .	$\gamma - \alpha = 0{,}0070$

Unter γ ist der Brechungsexponent zu verstehen, wenn die Bestimmung parallel, unter α, wenn die Bestimmung senkrecht zu dieser Richtung vorgenommen wird; z. B. bei Lein

$$\gamma - \alpha = 1{,}5757 - 1{,}5362 = 0{,}0395.$$

Man sieht, wie sehr die Höhe der Doppelbrechung der beiden Pflanzenfasern die der angeführten Mineralkristalle überragt. Frey (239 *a*) gibt für reine Zellulosefasern an, daß die Doppelbrechung fast siebenmal so stark sei wie die des Quarzes. Nun ist zu beachten, daß unter den Pflanzenfasern auch solche vorkommen, welche sich durch besonders niedrige Doppelbrechung auszeichnen, z. B. die Faser von *Agave americana,* bei welcher nach der Untersuchung von Schiller $\gamma - \alpha = 1{,}530 - 1{,}522 = 0{,}008$ ist.

Bei Untersuchung von Bastfaserquerschnitten leistet die Untersuchung bei gekreuzten Nikols zur Auffindung der primären Membran, die stark aufleuchtet, gute Dienste (siehe S. 421). Auch zum Nachweis gewisser Zerstörungsformen (wie Verschiebungen bei Flachs, Hanf, Ramie, siehe S. 404), von Kristallen, die den Fasern anhaften (bei Weidenfaser, Sisal, Neuseelandhanf) kann die polariskopische Prüfungsmethode mit Vorteil benutzt werden.

Über die charakteristische Anomalie der Doppelbrechung bei der Baumwolle siehe S. 504.

Reimers (569) hat getrachtet, die Polarisationserscheinungen zur Bestätigung der mit Hilfe von Streifung und Poren gefundenen Mizellarreihenrichtungen der verschiedenen Bastfaserschichten zu benutzen, doch eignen sich seinen Feststellungen nach die Auslöschungsrichtungen viel weniger zu Bestimmungen der Richtung der Mizellarreihen als die Streifung und die Poren.

Bezüglich der Orientierung des optischen Elastizitätsellipsoids stellte Reimers fest, daß die kleinste Elastizitätsachse in der primären und sekundären Membran stets radial, die beiden anderen Achsen aber tangential liegen. Von diesen beiden tangential liegenden Elastizitätsachsen zieht wieder die größte stets parallel zu den Poren und einer allenfalls vorhandenen oder künstlich hervorgerufenen Streifung und die mittlere normal dazu. Bei der im Querschnitt kaum auffallenden sekundären Membran dürften die Achsen der im Querschnitt wirksamen Ellipse annähernd gleich sein. Da nun nach der geringen Abweichung der Streifung und der Poren von der Längsrichtung kleinste und mittlere Elastizitätsachse auch nur wenig verschieden sind, so ist die sekundäre Membran nach Reimers fast einachsig, und zwar positiv-einachsig oder wenn zweiachsig, dann sehr wahrscheinlich positiv-zweiachsig. Bei der im Querschnitt kaum, in der Flächenansicht stark auffallenden sekundären Membran ist die größte und mittlere Achse nur wenig verschieden. Reimers glaubt, daß man die Poren ihrer Form nach als annähernde Abbilder der in der Flächenansicht wirksamen Elastizitätsellipse ansehen könne.

d) Dichroismus der Pflanzenfasern.

Die ersten eingehenden Untersuchungen über den Dichroismus der vegetabilischen Zellhaut sind H. Ambronn (51) zu danken. Er studierte den Dichroismus von pflanzlichen Zellhäuten, welche entweder natürlich gefärbt waren oder auf künstlichem Wege gefärbt wurden. Solche gefärbte Zellhäute verhalten sich so wie gefärbte doppelbrechende Kristalle, deren Dichroismus schon vor langer Zeit von Haidinger festgestellt wurde. Wie in solchen gefärbten doppelbrechenden Kristallen, erfahren auch in den gefärbten vegetabilischen Zellhäuten, welche, wie

wir gesehen haben, doppelbrechend sind, die beiden durch Doppelbrechung entstandenen polarisierten aufeinander senkrecht schwingenden Strahlen eine bestimmte Farbenabsorption, die für die betreffende Zellhaut und den färbenden Körper charakteristisch ist.

Studien über den spezifischen Dichroismus der Pflanzen- und Tierfasern wurden von Behrens (77) durchgeführt, die neue Gesichtspunkte zur Unterscheidung der Faserstoffe eröffneten und zu manchen praktischen Unterscheidungsmerkmalen führten. Zur Färbung eignen sich nach jetzigen Erfahrungen am besten die sogenannten Kongofarbstoffe (Benzidinfarbstoffe), die sich auch auf ungebeizter Faser in Form von Alkalisalzen fixieren, während Säurefarbstoffe für die Ermittlung des Dichroismus der Faser ganz ungeeignet sind. Als gute Färbemittel bewährten sich neben Kongorot noch Benzoazurin und ferner auch Diazobraun.

Nach den Untersuchungen von Behrens ist (tierische) Wolle mit keinem Farbstoff dichroitisch zu machen, Seide — nach bisherigen Erfolgen — nur mit Benzoazurin, und mit diesem auch nur sehr schwach. Die Pflanzenfasern sind dagegen durchweg dichroitisch zu machen, aber in verschiedenen Graden: am schwächsten, aber doch stärker als Seide, Gefäßhäute von Holz und weiter Markstrahlen, Epidermiszellen, Baumwolle, Jute, Stroh, am stärksten Flachs und Hanf.

Andere, zum Teil sehr scharfe Unterschiede ergeben sich, wenn man die Orientierung der zu untersuchenden Faser zur Richtung der Polarisationsebene des wirkenden Nicolschen Prismas beachtet, aber zwischen dichroitischer Achsen- und dichroitischer Basisfarbe unterscheidet.

Beispielsweise gibt Kongorot auf Leinfaser als Achsenfarbe Dunkelrot, als Basisfarbe ein schwaches Rot bis zur Farblosigkeit. Baumwolle läßt dagegen fast gar keinen Unterschied zwischen Achsen- und Basisfarbe erkennen; sie erscheint bei jeder Orientierung gelblichrosa. Auch Epidermiszellen lassen fast gar keinen Unterschied zwischen Achsen- und Basisfarbe erkennen. Hier muß aber auch darauf hingewiesen werden, daß bei ein und derselben Faser mit einem Farbstoff guter Dichroismus erhalten werden kann, während mit einem anderen Farbstoff kein Dichroismus beobachtet werden kann (Aisslinger [48], S. 30).

Bei Ramie und Manilahanf konnte Aisslinger bisher keinen Dichroismus nachweisen.

e) Wärmeleitung der Pflanzenfasern.

Die Wärmeleitung der Pflanzenfasern scheint nach Wiesners Versuchen stets in der Richtung der Faser größer als senkrecht darauf zu sein. Wiesner hat den Bast der Linde und zahlreicher anderer Pflanzen, die Fasern liefern, mit einer Wachsschicht überzogen und von rückwärts mit der Spitze einer heiß gemachten Nadel berührt. Das Wachs schmolz stets in Form einer deutlichen Ellipse, deren große Achse in die Längsrichtung der Fasern zu liegen kam. Die kleine Achse der Ellipse verhielt sich zur großen Achse fast immer wie 3 : 4 bis 3 : 5, woraus sich ergibt, daß die Wärmeleitung der Fasern in der Faserrichtung bedeutend größer sein müsse als in der darauf senkrechten.

f) Hygroskopizität.

Eine nicht nur für die Charakterisierung, sondern auch für die Wertbestimmung der Fasern sehr bemerkenswerte physikalische Eigenschaft ist deren Hygroskopizität, also die Fähigkeit, dampfförmiges Wasser aus der Luft aufzunehmen und festzuhalten. Da die Fasern fast stets nach dem Gewicht verkauft werden, so muß der Käufer wohl beachten, wieviel Wasser seine Ware enthält. Während man nun hierauf bei der Wertbestimmung von Wolle und Seide schon seit Mitte des vorigen Jahrhunderts Rücksicht nimmt, in den meisten Städten, die ausgedehnteren Seiden- oder Wollhandel betreiben, in besonderen Anstalten (Konditionieranstalten) die Wassermenge von Kaufproben der Wolle und Seide bestimmen läßt, hat man der Wassermenge der käuflichen Pflanzenfasern (ausgenommen der der Baumwolle) lange Zeit zu wenig Beachtung geschenkt, obwohl die nachfolgenden Zahlen lehren werden, daß die verschiedenen Pflanzenfasern in verschiedenem Grad hygroskopisch sind und einige darunter vorkommen, die viel und begierig Wasser aufnehmen.

Um einen Maßstab für den Grad der Hygroskopizität der verschiedenen Fasern zu gewinnen, hat Wiesner die Wassermenge ermittelt, die sie bei mittlerer Temperatur und mittlerer (relativer) Luftfeuchtigkeit im lufttrockenen Zustande führen, und sie hierauf bei mittlerer Temperatur in einem mit Wasserdampf völlig gesättigten Raume so lange belassen, bis sie sich eben mit Wasserdampf völlig sättigten. Häufig erfolgte bei genügend feiner Verteilung der Faser die völlige Sättigung schon nach 24 Stunden. Bei manchen Fasern genügt dieser Zeitraum nicht. Namentlich bei dicken, aus zahlreichen, dicht verbundenen histologischen Elementen bestehenden Fasern (z. B. bei Piassave) ist ein Zeitraum von einer Woche und mehr erforderlich, bis völlige Sättigung eingetreten ist.

Nachstehend sei eine Tabelle Wiesners wiedergegeben, die den Wassergehalt der lufttrockenen Faser und die Aufnahmefähigkeit im mit Wasserdampf gesättigten Raum zeigt. Daneben einige teilweise verschiedene Angaben nach den Untersuchungen von Aisslinger (48), S. 41.

Über die Hygroskopizität von Kapok (Fruchthaare von *Eriodendron anfractuosum*) und Akon (Samenhaare von *Calotropis gigantea* und *C. procera*) wurden von E. A. Lincke (462) eingehende Untersuchungen angestellt, die ergaben, daß Kapok bis 28,5, Akon bis 26% hygroskopisches Wasser aufnimmt.

Mit steigender relativer Luftfeuchtigkeit nimmt die von einer bestimmten Faser aufgenommene Wassermenge zu, und zwar verläuft nach E. Müller (Civilingenieur 1882, Heft 2 und 3) die Wasseraufnahmsfähigkeit der Faserstoffe nahezu parallel der relativen Feuchtigkeit der umgebenden Luft. [Aisslinger (48) weist allerdings darauf hin, daß diese Regel auch oft Ausnahmen erleidet]. Eingehende Untersuchungen hierüber wurden von Pfuhl (545, I, S. 18) und von Lincke angestellt. Nach Untersuchungen von Pfuhl enthält die Jute bei 71% relativer Luftfeuchtigkeit 14%, bei 98% relativer Luft-

Bezeichnung der Faser	Wassermenge im lufttrockenen Zustand		Größte aufgenommene Wassermenge	
	nach Wiesner	nach Aisslinger	nach Wiesner	nach Aisslinger
	%	%	%	%
Sunn	5,31		10,87	
Frische Bastfaser von *Abelmoschus tetraphyllos*	6,80		13,00	
Bast von *Calotropis gigantea*	5,67		13,13	
Espartofaser	6,95		13,32	
Belgischer Flachs	5,70		13,90	
Bastfaser von *Hibiscus cannabinus*	7,38	8,60	14,61	13,00
Frische Bastfaser von *Urena sinuata*	7,02	7,80	15,20	30,50!
Piassave (brasilianische)	9,26		16,98	
Bastfaser von *Sida retusa*	7,49		17,11	
Blattfaser von *Aloë perfoliata*	6,95		18,03	
Kotonisiertes Chinagras	6,52		18,15	
Blattfaser von *Bromelia karatas*	6,82		18,19	
Bastfaser von *Thespesia lampas*	10,83		18,19	
Bastfaser von *Thespesia populnea*		9,77		63,19!
Bastfaser von *Cordia latifolia*	8,93		18,22	
Kotonisierte Ramiefaser	6,68		18,55	
Bastfaser von *Bauhinia racemosa*	7,84		19,12	
Tillandsiafaser	9,00		20,50	
Baumwolle	6,66		20,99	
Frische Jute	6,00	6,45	23,30	26,22
Pite	12,30		etwa 30—36	
Manilahanf	12,50	12,75	„ bis 50,00	
Afrikanische Piassave	15,40		50,04	42,45

feuchtigkeit 32, im mit Wasserdampf gesättigten Raume 34,25% Wasser, also beträchtlich mehr, als Wiesner beobachtete. Eine analoge Zunahme der Hygroskopizität mit der Feuchtigkeitszunahme der Luft hat Lincke bei Kapok und Akon nachgewiesen.

Nach neueren Untersuchungen von A. Herzog (350) schwankt der Wassergehalt des ausgearbeiteten Flachses zwischen 5 und 15,9 % (meist 7—11 %) vom Gewicht der lufttrockenen Faser. Taugerösteter Flachs ist hygroskopischer als wassergerösteter. Innerhalb dieser beiden Gruppen ist je nach dem Ursprungsland die Hygroskopizität noch verschieden. Näheres siehe bei Besprechung des Flachses.

Fasersorten, welche von verschiedenen Kulturvarietäten einer und derselben Pflanze herrühren, so z. B. Flachs, zeigen oft einen verschiedenen Grad von Hygroskopizität. Wiesner fand, daß der Flachs (holländischer, belgischer, preußischer, mährischer), mit Wasserdampf gesättigt, etwa 14 bis 17% Wasser führt, daß hingegen der ägyptische Flachs viel hygroskopischer ist, nämlich im aufs Maximum durchfeuchteten Zustande 23,36% Wasser enthält. A. Herzog (329) untersuchte seinerzeit acht auf verschiedene Weise geröstete belgische und böhmische Flächse und fand den Wassergehalt dieser Sorten im lufttrockenen Zustande zwischen 7,7 (Courtray, Wasserröste) und 9,3% (Trautenau, Tauröste).

An manchen Fasern hat Wiesner die Beobachtung gemacht, daß ihre Hygroskopizität mit der Zeit größer wird. Er konstatierte dies an mehreren an der Luft dunkler werdenden Fasern und nimmt an, daß alle Fasern, die durch partielle Umsetzung ihrer Zellhautbestandteile in Huminkörper dunkler werden, diese Eigentümlichkeit zeigen werden. An braun gewordenen Proben der folgenden Fasern hat er das Auftreten von Huminkörpern direkt beobachtet. (Siehe Tabelle unten.)

Über die Hygroskopizität der Textilfasern und über die Trocknungsapparate, -verfahren und -anstalten siehe auch Hönig (381).

g) Quellbarkeit der Pflanzenfasern und deren Dimensionsänderungen nach den Achsenrichtungen der Fasern infolge des Quellens.

Es ist schon lange bekannt, daß die Zellmembranen der Pflanzengewebe in mehr oder weniger hohem Grad im Wasser quellen, desgleichen, aber bedeutend stärker, in anderen Flüssigkeiten, insbesondere stark in Kupferoxydammoniak, Schwefelsäure und Chlorzinkjodlösung.

Von besonderer physiologischer Wichtigkeit ist die Kenntnis der Quellbarkeit der Pflanzenfasern im Wasser. Wie Wiesner (Sitzungsber. Wiener Akad. d. Wiss. 1871, 64. Bd.) vor langer Zeit zeigte, ist diese Quellung mit einer Verdichtung des Wassers in der Substanz der Zellwand verbunden, was zu einer Temperaturerhöhung führt. Für die Unterscheidung der Pflanzenfasern ist aber auch deren Verhalten starken Quellungsmitteln gegenüber von Wichtigkeit.

Über den Grad der Quellung der Fasern je nach den Achsenrichtungen sind von F. v. Höhnel (372) eingehende Untersuchungen angestellt worden, welche unter anderem zu einer Erklärung der Verkürzung der Seile nach

Bezeichnung der Faser	Wassermenge im lufttrockenen Zustand nach Wiesner %	Größte aufgenommene Wassermenge nach Wiesner %
Frischer Sunn	5,31	10,87
Alte stark gedunkelte Sorte	5,84	19,10
Frische Jute	6,00	23,30
Gebräunte Jute (verschiedene Sorten)	7,11	24,01—33,20
Frische Abelmoschusfaser	6,80	13,00
Gebräunte Abelmoschusfaser	9,70	22,70
Frische Urenafasern	7,02	15,20
Gebräunte Urenafasern	8,77	16,20

ihrer Besprengung mit Wasser führten. v. Höhnel fand ferner, daß das Quellungsvermögen der Pflanzenfasern nach den Richtungen ihrer Achsen ein verschiedenes ist. Als Hauptresultat seiner Untersuchungen ist die Feststellung der Tatsache zu betrachten, daß die Quellung der Pflanzenfasern nach der Dicke sehr groß, nach der Länge sehr gering ist, und daß bei starker Quellung nach der Dicke selbst eine Verkürzung in der Längsrichtung eintritt. Trockene Fasern verdicken sich bei der Quellung im Wasser gewöhnlich um 20—30% und verlängern sich gewöhnlich bloß um 0,5%. v. Höhnel fand ferner, daß Tierhaare weniger rasch und weniger stark im Wasser quellen als Pflanzenfasern, und daß erstere hierbei nur um 10—14% dicker werden.

Studien über das Verhalten gedrehter und ungedrehter Tier- und Pflanzenfasern, ferner über die Volumänderungen der Fasern bei Quellung in Schwefelsäure wurden von v. Höhnel in ausgedehntem Maße angestellt.

Hier seien noch die Ergebnisse einiger leicht anzustellenden Versuche mitgeteilt, die sich auf die bei starker Quellung sich einstellenden Dimensionsänderungen beziehen. Die Ergebnisse dieser Versuche sind für das Verständnis der morphologischen Veränderungen sehr lehrreich, die Pflanzenfasern erleiden, deren Zellwände aus Schichten verschiedener Quellbarkeit bestehen. Näheres siehe Punkt *K* der Morphologie der Pflanzenfasern, S. 406. — Es handelt sich hierbei hauptsächlich um die Verkürzung der Fasern in der Längsrichtung beim Quellen nach der Dicke.

Es wurden Faserstücke von annähernd gleicher Dicke auf den Objektträger gebracht, behufs Geradestreckung mit Wasser befeuchtet und mit dem Skalpell so zugeschnitten, daß jedes Faserstück eine Länge von 20 mm hatte. Nun wurde die feuchte Faser mit einem Deckgläschen überdeckt, mit destilliertem Wasser versehen und hierauf mit Kupferoxydammoniak so lange behandelt, als die Verkürzung fortschritt. Von Zeit zu Zeit wurde unter dem Mikroskop der Fortschritt der Quellung bzw. der Verkürzung gemessen. Bei Eintritt der Lösung der Faser im Kupferoxydammoniak hatte der Versuch natürlich sein Ende erreicht.

	Länge der Faser nach vollständiger Kontraktion	Kontraktion	in %
Leinenfaser . .	15,3 mm	4,7 mm	23,5
Hanffaser . . .	16,0 „	4,0 „	20,0
Jutefaser . . .	19,4 „	0,6 „	3,0
Posidoniafaser .	20,0 „	— „	—

h) Festigkeit und Elastizität der Fasern.

In seinem grundlegenden Werke »Über das mechanische Prinzip im Aufbau der Monokotylen«, Leipzig, 1874, hat Schwendener nachgewiesen, daß in der Pflanze Zellen besonderer Art ausgebildet sind, die in ihr zu biegungs-, druck- und zugfesten Konstruktionen vereinigt sind und dem zweckmäßigen mechanischen Aufbau der Gewächse dienen. Schwendener hat diese Zellen, die sich gegenüber den anderen Elementen des Pflanzenkörpers durch hohe Festigkeit auszeichnen, als mechanische Zellen bezeichnet. Die Hauptrepräsentanten dieser mechanischen Zellen sind die Bastzellen bzw. Sklerenchymzellen, also jene Zellen, aus denen viele Gespinstfasern zusammengesetzt sind (Flachs, Hanf, Jute usw.) oder die den Hauptbestandteil von technisch verwendeten Pflanzenfasern bilden (Manilahanf, Kokosfaser usw.).

Pflanzenhaare fungieren niemals als mechanische Zellen. Die technisch verwendeten Pflanzenhaare sind gewöhnlich so wenig fest, daß sie als Gespinstfasern nicht wohl geeignet sind, trotz ihrer sonstigen, oft sehr empfehlenswerten Eigenschaften, wie die Wolle der Wollbäume und die vegetabilische Seide. Eine Ausnahme bildet die Baumwolle, die fest genug ist, um zu textilen Zwecken benutzt werden zu können. Es spricht sich diese merkwürdige Eigentümlichkeit in einigen Kulturvarietäten der Baumwolle besonders auffallend aus.

Wenn nun auch Schwendener seine Untersuchungen über die Festigkeit und Elastizität der mechanischen Zellen nur vom rein wissenschaftlichen Standpunkt

und nicht mit Rücksicht auf die Praxis (in recht primitiver Weise ohne Reißapparat) durchführte und als Prüfungsmaterial Organe von Pflanzen wählte, die, abgesehen von den Blättern von *Phormium tenax*, deren Fasern den neuseeländischen Flachs liefern, keine Beziehung zur Technik haben, so dürfen die Ergebnisse seiner Versuche hier nicht übergangen werden, da sie uns mit allgemein gültigen Eigenschaften der in technischer Beziehung so wichtigen Bastzellen bekannt machen.

In der nachfolgenden Zusammenstellung sind die von Schwendener ermittelten Zahlenwerte über das Tragvermögen (T) und den Elastizitätsmodul (E) der Bastzellen einiger Pflanzen enthalten. Unter Elastizitätsmodul (Dehnungsmodul) ist das Gewicht (in Kilogrammen) zu verstehen, das erforderlich ist, um einen Stab von einem Quadratmillimeter Querschnitt auf die doppelte Länge zu dehnen. Unter Tragvermögen ist die absolute Festigkeit innerhalb der Grenzen vollkommener Elastizität zu verstehen.

	T pro qmm in kg	E
Phormium tenax (Blatt) . . .	16—20	1140—1540
Jubaea spectabilis (Blatt) . . .	20	1580
Pincenectia recurvata (Blatt) . . .	25	1720
Lilium auratum (Stengel) . . .	19	2550
Molinia coerulea (Stengel) . . .	22	2000
Secale cereale (Stengel) . . .	15—20	3450

Vergleicht man das Tragvermögen der mechanischen Zellen mit dem der festeren Metalle (Schmiedeeisen, Stahl), so gewahrt man zwischen beiden keinen wesentlichen Unterschied. Nach Schwendeners Untersuchungen sollen sogar die festesten Bastzellen (von *Pincenectia recurvata*) ein etwas höheres Tragvermögen als die seinerzeit besten Stahlsorten aufgewiesen haben. Heutzutage verfügen wir allerdings über bessere Stahlsorten.

Hingegen bleibt der Elastizitätsmodul der Bastzellen weit hinter dem der Metalle zurück. Mit anderen Worten ausgedrückt: Zur Dehnung der mechanischen Zellen sind geringere Gewichte erforderlich als zur Dehnung der Metalle. Es beträgt der Elastizitätsmodul für Schmiedeeisen in Stäben 20 000—22 000.

Aus nachfolgender Zusammenstellung ist aber zu ersehen, daß die zulässige (nämlich die innerhalb der Grenzen vollständiger Elastizität stattfindende) Dehnbarkeit bei den mechanischen Pflanzenzellen größer ist als bei den Metallen.

Verlängerung der Faser bez. der Metalle innerhalb der Elastizitätsgrenze in Prozenten ausgedrückt:

Nach Schwendener

Phormium tenax	1,3—1,4
Jubaea spectabilis	1,26
Pincenectia recurvata	1,45
Lilium auratum	0,75
Molinia coerulea	1,1
Secale cereale	0,44

Nach Weisbach
(Ing. u. Maschinenmech., 5. Aufl.)

Schmiedeeisen in Stäben . . .	0,067
„ „ Blech	0,080
„ „ Drähten . . .	0,010
Deutscher gehämmerter und angelassener Stahl	0,012

Auffallend ist die große Duktilität einzelner Pflanzenfasern, wie z. B. bei der Pitafaser, die nach Sonntag (675) durch Dehnung um 20—30 % verlängert werden kann, während bei nicht bzw. wenig duktilen Fasern die Dehnung nur 0,7—3% beträgt.

Über die Festigkeitsverhältnisse der wichtigsten Gespinstfasern liegen in praktischer Beziehung aus früherer Zeit wichtige Versuche von K. E. Hartig (301), E. Müller (520), Pfuhl (545, I), E. Hanausek (282) u. a. vor. Hartig und E. Müller haben die Materialfestigkeit aus der Garnfestigkeit (und zwar aus dem Verhältnis von Einspannlänge zu Stapellänge) errechnet und dann auch die Reißlänge bestimmt, worunter die Länge zu verstehen ist, bei der durch das Eigengewicht das Abreißen in der Nähe der Aufhängestelle erfolgen müßte. Die Reißlänge wird in Kilometern ausgedrückt.

In unterstehender Tabelle sind die Festigkeitsverhältnisse der wichtigsten pflanzlichen Fasern nach den Untersuchungen von Hartig und Müller ziffernmäßig ausgedrückt. Zum Vergleich wurde auch Seide herangezogen. Die Reißlängen sind auf eine Einspannlänge = 0 berechnet.

Wie schon der Vergleich der Angaben Ernst Müllers mit denen Pfuhls betreffend die Festigkeit der Jute und der Angaben über die Festigkeit des Flachses nach Müller und der später zu erwähnenden nach A. Herzog ergibt, hat die Hartig-Müllersche Methode zu niedrige Werte geliefert. [Siehe Reimers (567).]

Die Festigkeit dieser Faserart ist aber durchaus nicht so konstant, wie man es sich seinerzeit vorstellte, denn sogar die Fasern einer und derselben Pflanze weisen Unterschiede auf. So sind z. B. beim Flachs die Fasern aus dem oberen und unteren Stengelteil weniger zugfest, als die aus den mittleren Zonen. Im nassen Zustande nimmt auch die Festigkeit ab und auch nach dem Trocknen soll die ursprüngliche Festigkeit nicht mehr erreicht werden, doch fehlen darüber noch einwandfreie Studien, wie überhaupt trotz einer größeren Anzahl von neueren Untersuchungen über die Festigkeit von gewissen Pflanzenfasern (die im speziellen Teil erwähnt werden) in der Methodik der Substanzfestigkeitsbestimmung sich noch eine gewisse Unsicherheit fühlbar macht.

Hier seien noch einige Werte von Substanzfestigkeit nach den neueren Untersuchungen des Holländischen Textilforschungsinstitutes in Delft (Verslagen en Mededeelingen van de Afdeeling Handel van het Dep. v. Landbouw, Nijverheid en Handel, 1921, No. 7, S. 4, 6) angeführt. Siehe auch Reimers (567), S. 94.

	Reißgewicht in g	Reißlänge in km
Amerikanische Baumwolle	5,4	28
	6	25
	6,9	31
	8,6	38
Ägyptische Baumwolle .	5,3	34
Caravonica-Baumwolle .	5,2	29
Javanische Baumwolle .	5	20,7
Flachs, Mittelteil . . .	0,297	26,7
„ äußerste Enden .	0,268	25,7
„ „ „ .	0,238	19,7
Hanf, italienischer . . .	0,051	30
„ spez. Aufbereitung, Mittelteil . . .	0,049	28,6
„ äußerste Enden . .	0,054	25,2
„ „ „ . .	0,036	27,4
Jute. Mittelteil	0,053	18,5
Manilahanf	0,490	38
Sisalhanf	1,500	39
Javajute, Mittelteil . .	0,049	25
Kokosfasern, Ceylon . .	0,891	11
„ Engl. Indien	0,358	12

i) Härte der Fasern.

Nach Emma Ott (Österr. Bot. Ztschr. 1900, Nr. 7) ist die Härte der vegetabilischen Zellhaut, falls nicht reichliche mineralische Einlagerungen in ihr stattgefunden hatten, stets dieselbe und kommt der des Muskovits nahe. Durch mineralische Einlagerungen steigert sich die Härte bis auf die des Kalzit (Oberhaut von *Equisetum silvaticum, variegatum* und

Faserstoff	Reißlänge in km R	Spezifisches Gewicht s	Bruchmodul oder Festigkeit auf 1 qmm in kg K	
Kokosfaser	17,8	1,64	29,2	Nach Müller
Baumwollenfaser	23,0	1,49	34,27	„ Hartig
„	25,0	1,503	37,6	„ Müller
Flachsfaser	24,0	1,50	36,00	„ Hartig
„	24,0	1,465	35,2	„ Müller
Rohseide	30,8	1,30	40,04	„ Hartig
Manilahanf	31,8	—	—	„ Hartig
Chinagras	20,0	—	—	„ Hartig
Polnischer Reinhanf	52,0	1,5	78,00	„ Hartig
Jutefaser	20,0	1,436	28,7	„ Müller
„	34,5	1,436	49,51	„ Pfuhl (545)

pratense, Oberhaut des Blattes von *Deutzia scabra*, Stammoberhaut von *Calamus rotang*, Fruchtschale von *Pinus pinea*), des Fluorits (Oberhaut von *Equisetum hiemale* und *Telmateja*, Fruchtschale von *Lithospermum officinale*), ja sogar auf die des Opals (Fruchtschale von *Coix lacryma*).

Von Fasern wurden auf ihre Härte geprüft: Baumwolle, Wolle der Wollbäume, vegetabilische Seide (verschiedene *Asclepias*-Arten), Leinen, Hanf- und Jutefaser, ferner die Fasern von *Musa textilis, Aloë perfoliata, Boehmeria nivea, Agave americana, Attalea funifera, Cocos nucifera, Sansevieria* sp., *Yucca* sp., *Arenga* sp. und *Stipa tenacissima*.

Alle diese Fasern besitzen die Härte des Muskovits, bis auf die folgenden, die erheblich härter waren, nämlich die Härte von Kaliumbichromat aufwiesen: *Cocos nucifera, Arenga* sp. und *Stipa tenacissima*.

Im Anschluß an diese Angaben über die Härte der Pflanzenfasern sei der in der Praxis gebrauchte Kunstausdruck Hartfasern erläutert. Man versteht hierunter die Pflanzenfasern, die sich durch Dicke und Steifheit von den spinnbaren Fasern unterscheiden, zur Herstellung von Garnen und Geweben nicht oder nur in geringem Grade geeignet sind und nur zur Herstellung von Seilerwaren und als Ersatz für Borsten oder Roßhaare Verwendung finden. Zu diesen Hartfasern gehören: Kokosfaser, Piassava, Sisalfaser, Henequen, Manilahanf, Neuseelandhanf, die verschiedenen Arten von vegetabilischen Roßhaaren usw. Die Härte dieser sog. Hartfasern stimmt in der Regel mit denen der Spinnfasern überein und nur ausnahmsweise, z. B. bei der stark verkieselten Kokosfaser, macht sich eine größere Härte bemerkbar. Von größerer Härte kann bei den sog. Hartfasern im Vergleich zu den Spinnfasern ebensowenig die Rede sein wie bei den Holzarten, von denen man harte und weiche unterscheidet, die aber in der physikalischen Härte miteinander übereinstimmen. Wir wollen aber nicht unerwähnt lassen, daß manche Fachmänner auf textilem Gebiete unter Hartfasern nur die in der Seilerindustrie verwendeten Fasern monokotyler Gewächse verstehen, also vegetabilisches Roßhaar und Piassaven nicht zu den Hartfasern rechnen.

V. Mikrochemische Reaktionen bei vegetabilischen Faserstoffen.

Die Chemie der vegetabilischen Faserstoffe wurde im Vorhergehenden bereits erörtert. Hier bleibt nur noch eine Anzahl mikrochemischer Reaktionen anzuführen, die als Unterstützung der rein morphologischen Untersuchung bei Bestimmungen wertvolle Dienste leisten.

a) Verhalten der Fasern gegen Jod und Schwefelsäure.

Mit Recht wird dem Verhalten der Pflanzenfasern zum Jod bei deren Unterscheidung eine besondere Wichtigkeit beigelegt. Die Färbungen, die die Pflanzenfasern bei Einwirkung bestimmter Jodreagentien annehmen, sind für sie charakteristisch und hängen von der chemischen Beschaffenheit der Zellwand der betreffenden Fasern ab.

Am häufigsten verwendet man ein Gemenge von gelöstem Jod mit Schwefelsäure. Die unverholzte und nicht kutinisierte, also vorwiegend aus reiner Zellulose bestehende Faser wird durch diese Flüssigkeit blau gefärbt. Die verholzte oder kutinisierte Faser nimmt, mit diesem Reagens behandelt, eine gelbe oder braune Farbe an. In besonderen Fällen stellt sich bei verholzter Faser eine Grünfärbung ein. Zur Hervorbringung der Farbreaktion kann nicht jedes beliebige Gemenge von Jod und Schwefelsäure verwandt werden, es ist vielmehr die Einhaltung bestimmter Mischungsverhältnisse erforderlich, da ja nach den Konzentrationsverhältnissen mit Jod und Schwefelsäure bei einzelnen Fasern verschiedene Farbenstufungen (so z. B. bei Baumwolle von hellrosa bis dunkelblau, bei Hanf von gelb bis grünblau) erhalten werden.

Nach v. Höhnel haben sich folgende Konzentrationen der Reagentien am besten bewährt. Für die Jodlösung: 1 g Kaliumjodid wird in 100 g dest. Wasser gelöst, worauf Jod bis zur Sättigung der Lösung zugefügt wird. Für die Schwefelsäure: Zwei Volumteile Glyzerin, ein Volumteil dest. Wasser und drei Volumteile Schwefelsäure 66° Bé. Werden die Fasern auf dem Objektträger hintereinander mit der genannten Jodlösung befeuchtet und dann ein oder zwei Tropfen des Schwefelsäure-

gemisches hinzugefügt, so tritt kein Aufquellen der Faser auf und diese färbt sich, wenn sie aus unverholzter oder nicht kutinisierter Zellulose besteht, tief himmelblau. Bei zu starker Konzentration der Schwefelsäure quellen die Fasern oder lösen sich auf. Bei zu verdünnter Jodlösung werden die Fasern nicht blau, sondern violett oder rosa gefärbt.

Blau werden gefärbt nach Wiesner:
- Baumwolle,
- rohe Bastfasern von *Hibiscus cannabinus,*
- rohe Bastfasern von *Calotropis gigantea* (grünlichblau bis blau),
- rohe Flachsfaser,
- kotonisierte Ramiefaser (blau),
- rohe Hanffaser (grünlichblau bis reinblau).

Gelb bis braun werden gefärbt:
- Die Haare der Bombaxwolle,
- die Haare der vegetabilischen Seide (selten grünlich oder grünlichblau),
- rohe Jute,
- die rohe Bastfaser von *Abelmoschus tetraphyllos,*
- die rohe Bastfaser von *Urena sinuata,*
- die rohe Bastfaser der *Bauhinien* (schwärzlichbraun),
- die rohe Bastfaser von *Thespesia macrophylla.*
- Pandanusfaser (lichtbräunlich),
- die rohe Espartofaser (rostrot),
- die rohe Bromeliafaser (rotbraun),
- die rohe Aloëfaser (die Mehrzahl der Fasern rotbraun, vereinzelt grünlich, sogar blau),
- der neuseeländische Flachs (wird je nach dem Grade der durch die Röstung vollzogenen Reinigung der Faser gelb, grün, bis blau gefärbt).

Grasgrün durch Jod und Schwefelsäure werden jene Fasern, deren fasrige Zellen durch Jod gelb oder bräunlich gefärbt werden und die stärkeerfüllte Bastmarkstrahlen führen. Die grüne Farbe, die im schwächeren Grade auch durch Jodlösung allein hervorgebracht werden kann, ist hier eine Mischfarbe aus Blau (durch Jod gefärbte Stärkekörner) und Gelb (durch Jod gelb gefärbte Membranen aller an der Zusammensetzung der Fasern Anteil nehmenden Zellen). Je nach der mehr oder minder feinen Verteilung des stärkeführenden Gewebes erscheinen die Fasern gänzlich oder nur stellenweise grün. Diese Reaktionen nehmen an:

die Bastfasern von *Sida retusa,*
„ „ „ *Cordia latifolia,*
„ „ „ *Sterculia villosa,*
„ „ „ *Holoptelea integrifolia,*
„ „ „ *Kydia calycina.*

b) Verhalten gegen Kupferoxydammoniak.

Kupferoxydammoniak ist eins der wichtigsten Reagentien für die Erkennung der Pflanzenfasern. Das von Schweizer 1857 (Journ. f. prakt. Chemie, 72, S. 109) eingeführte Reagens löst Zellulose. Je nach dem Gehalt an Zellulose und der Beschaffenheit der neben der Zellulose auftretenden chemischen Bestandteile wird die Faser entweder gelöst oder sie quillt bloß auf oder sie quillt nicht. Die quellende oder auch die ungequollene Faser nimmt je nach ihrer Art im Kupferoxydammoniak eine bestimmte Färbung an. Über die Quellungserscheinungen bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak siehe S. 426.

Es muß stets darauf geachtet werden, daß das Reagens sich in wirksamem Zustand befindet, was am einfachsten durch sein Verhalten gegen reine Zellulose zu prüfen ist. Nach Wiesners Erfahrungen ist es am zweckmäßigsten, das Reagens durch Einwirkung von hochprozentigen Ammoniak auf Kupferdrehspäne zu bereiten. Die reinsten Lösungen erhält man durch Auflösen von gut gewaschenem, kristallisiertem Kupferhydroxyd in möglichst wenig starkem Ammoniak [O. Dischendorfer (184)].

Durch Kupferoxydammoniak werden rasch angegriffen und fast ganz gelöst (bis auf Kutikula, Reste von primärer Membran, Innenschlauch und Protoplasmareste):
- Baumwolle.
- Kotonisierte Ramiefaser.
- Die rohe Bastfaser von:
  Hibiscus cannabinus;
  Calotropis gigantea.
- Roher Flachs.
- Roher Hanf (nur die Bastzellen; die häufig noch anhaftenden Parenchymzellen bleiben ungelöst).

Roher Sunn.

Kupferoxydammoniak wirkt bläuend und mehr oder weniger deutlich quellend auf:

Rohe Jute.

Rohe Bastfaser von:

Abelmoschus tetraphyllos;

Urena sinuata;

Bauhinia racemosa (einzelne Stellen der Bastfaser werden stark aufgetrieben).

Rohe Bastfaser von *Thespesia macrophylla.*

Rohen neuseeländischen Flachs.

Rohe Faser von:

Aloë perfoliata (schwache Quellung);

Bromelia karatas (starke Quellung).

Rohe Bastfaser von *Sida retusa* (wird anfangs grünlich, dann blau, und quillt schließlich auf).

Kupferoxydammoniak wirkt bloß färbend auf:

Vegetabilische Seide (blau).

Bombaxwolle (blau).

Rohe Espartofaser (lebhaft grün). Da Ammoniak die Faser gelb färbt, so ist die grüne Farbe als Mischfarbe zu deuten.

Rohe Faser von:

Cordia latifolia (blau);

Sterculia villosa (blau).

Pandanusfaser.

c) Verhalten gegen Reagentien, die Verholzung anzeigen.

(Anilinsulfat und Phlorogluzin + Salzsäure.)

Ungefärbt oder fast ungefärbt bleiben:

Baumwolle.

Bombaxwolle (wird kaum merklich gefärbt).

Kotonisierte Ramiefaser. (Auch die Bastzellen der rohen Ramie bleiben ungefärbt oder werden kaum merklich gefärbt).

Roher Flachs (nur die geringsten Sorten werden etwas gefärbt).

Rohe Bastfaser von *Hibiscus cannabinus* (wird nur sehr schwach gefärbt).

Rohe Bastfaser von *Calotropis gigantea* (wird nur sehr schwach gefärbt).

Roher Sunn.

Roher neuseeländischer Flachs (wird nur sehr schwach, manchmal gar nicht gefärbt).

Manilahanf (sehr schwach gefärbt).

Dispopo (*Agave cocui*) (sehr schwach gefärbt).

Raphiabast (sehr schwach gefärbt).

Deutlich oder stark werden gefärbt:

Vegetabilische Seide (durch Anilinsulfat intensiv zitrongelb, selten blaßgelb).

Rohe Jute (durch Anilinsulfat goldgelb bis orange).

Sisal und Kantala (beide intensiv goldgelb).

Rohe Bastfaser von *Abelmoschus tetraphyllos* (durch Anilinsulfat goldgelb).

Rohe Bastfaser von *Urena sinuata* (durch Anilinsulfat goldgelb).

Rohe Bastfaser von *Sida retusa* (durch Anilinsulfat gelb, mit einem Stich ins Zimtbraune).

Rohe Bastfaser von *Thespesia macrophylla* (durch Anilinsulfat goldgelb).

Rohe Bastfaser von *Cordia latifolia* (durch Anilinsulfat isabellgelb).

Roher Hanf (durch Anilinsulfat schwach gelb).

Rohe Espartofaser (durch Anilinsulfat eigelb).

Rohe Faser von *Bromelia karatas* (durch Anilinsulfat goldgelb).

Rohe Pandanusfaser (durch Anilinsulfat eigelb).

In der Fasermikroskopie wird neben diesen beiden höchst einfachen von Wiesner eingeführten Reaktionen auch die Mäulesche Reaktion angewandt, die darin besteht, daß man das Objekt in eine Lösung von Kaliumpermanganat bringt, dann mit Wasser auswäscht, verdünnte Salzsäure zusetzt und wieder auswäscht und schließlich Ammoniak einwirken läßt. Verholzte Membranen färben sich dann rot. Nach Mäule (488), Faber (Ber. D. Bot. Ges., 1904, **22**, S. 177) und Aisslinger (48), S. 13 soll die Kaliumpermanganat-Reaktion zur Beurteilung des technischen Wertes einer Faser geeigneter sein als die Phlorogluzin-

reaktion. In den meisten Fällen geben die Fasern die Wiesnerschen Reaktionen und die Mäulesche Reaktion. Bei Bastfasern von *Boehmeria platyphylla* stimmen aber beide Reaktionen nicht überein. Mit Phlorogluzin und Salzsäure gibt die Faser deutlich Holzreaktion, während die Kaliumpermanganat-Probe erfolglos verläuft.

Zur Charakteristik mancher verholzter Fasern trägt es bei, den Grad der Verholzung vergleichsweise durch Zahlen auszudrücken. Dabei handelt es sich streng genommen nicht um den faktischen Gehalt an Lignin, sondern um die relative Menge der Leitsubstanz, die durch Phlorogluzin + Salzsäure angezeigt wird. Man bedient sich am besten des von Grafe (256) angegebenen Verfahrens, das im wesentlichen darin besteht, daß man durch Zurücktitrieren von überschüssig zugesetztem Phlorogluzin mittels Formaldehyd die Menge von Phlorogluzin bestimmt, die bei der Reaktion auf die Leitsubstanz (Vanillin usw.) aufgebraucht wurde. Indem man den auf diese Weise ermittelten Grad der Verholzung für Jute = 1 setzt, erhält man folgende Werte für die angeführten Fasern, bzw. für Fichtenholz.

Fichtenholz	1,5
Posidoniafaser	1,4
Jute	1,0
Kantala	0,9
Sisal	0,8
Lecheguilla	0,1
Baumwolle	0,0

Der Grad der Verholzung ist begreiflicherweise bei ein und derselben Faserart in verschiedenen Entwicklungszuständen vielfach nicht gleich.

d) Berlinerblauprobe.

Cross und Bevan haben bei Jute die Berlinerblaureaktion erhalten; diese konnte von R. Haller (Farben-Zeitung, 1915, S. 157, 173; 1919, S. 29) auch für die auf Malta gebaute Kakhibaumwolle konstatiert werden.

Die Zellmembranen der Pflanzenfasern haben also die Fähigkeit, bei der Vorbehandlung oder Berührung mit stark eisenhaltigem Wasser oder eisenhaltigen Alkalien das Eisen zu speichern. Und den Nachweis dieses locker gebundenen Eisens durch Einlegen der Objekte in eine zweiprozentige Lösung von gelbem Blutlaugensalz ($FeCy_6K_4$) und hierauf Eintragen in verdünnte zehnprozentige Salzsäure und die durch das längere Liegenlassen in der zehnprozentigen HCl durchgeführte Speicherung der dabei gebildeten Ferrozyanwasserstoffsäure ($FeCy_6H_4$) hat nun O. Richter für Zwecke der Faserdiagnostik benützt. So konnte er unter anderm bei Kokosfasern die Stegmata ungemein anschaulich machen, die die $FeCy_6H_4$ tief dunkelblau bis grün gespeichert hatten, dann beim Raphiabast bisher übersehene eiförmige Idioblasten des Grundgewebes nachweisen, die bei der Gewinnung der Faser an den Strängen hängen bleiben und ferner bei Fasern von *Musa paradisiaca* in den anhaftenden Grundgewebspartien Idioblasten feststellen, die er als vertrocknete Schleimzellen deutet.

B. Besonderer Teil.

I. Übersicht der Faserstoffe liefernden Pflanzen.

In diesem Werk kann begreiflicherweise nur eine Auswahl von Faserpflanzen angeführt werden. Bernardin (82) schätzte 1872 die Zahl der nützlichen Faserpflanzen auf mehr als 550, Dodge (187) führt im Jahre 1897 1018 faserliefernde Pflanzen an, und E. Schilling (632) verzeichnet in neuester Zeit deren fast 2000. Die Gesamtzahl der Faserpflanzen der Erde schätzt letztgenannter Forscher auf beiläufig 2300. Zur Ergänzung der hier getroffenen Auswahl und als alphabetisch geordnetes Nachschlagebuch sei an dieser Stelle auf Schillings inhaltsreiches Werk besonders hingewiesen, das auch ein nach Verwendungsgruppen geordnetes, reichhaltiges Verzeichnis der Faserpflanzen enthält.

Die Handelsbezeichnungen der Faserstoffe entbehren vielfach der Eindeutigkeit. Es ist daher behufs klarer, sicherer und einwandfreier Charakterisierung eines Rohstoffs in den meisten Fällen unerläßlich, den wissenschaftlichen Namen der Stammpflanze festzustellen.

Systematische Übersicht.

1. Rhodomelaceen.

Polysiphonia sp. In Verbindung mit anderen Papiermaterialien wird der Thallus (Lager) dieser Rotalge in Japan zur Herstellung von Tapeten verwendet. Das rote Algengewebe erscheint der übrigen Fasermasse aufgepreßt, wodurch die Tapeten ein charakteristisches Gepräge erhalten. Ein Teil der von Hilgendorf aus Japan mitgebrachten Pflanzen war in solchem Tapetenpapier eingelegt. (Nach einer von Hilgendorf herrührenden Angabe in den Schriften des Botan. Ver. d. Prov. Brandenburg, 1878.)

2. Polyporaceen.

Fomes fomentarius L. Der als Buchenschwamm oder Zunderpilz bekannte Löcherpilz bildet im Innern der Fruchtkörper eine flockigweiche, braune Hyphenmasse, die, in Lamellen herausgeschnitten, zur Erzeugung von Zunder, aber auch von Hauskäppchen, von Westen, Abziehriemen für Rasiermesser, Schuheinlagen usw. verwandt wird. — Dodge (187), S. 167; Netolitzky in Ztschr. d. allg. österr. Apoth.-Ver., LXI, 1918, S. 609.

3. Sphagnaceen.

Sphagnum sp. In Torfmooren und Sumpfwäldern häufig. Diese Torfmoosarten kommen in der Torffaser vor (siehe B, II, 43) und liefern gutes Packmaterial. — K. Linsbauer (463).

4. Cyatheaceen.

Cibotium Barometz Link. Java, Sumatra, Formosa, Hinterindien. Die am Grunde der Wedel auftretenden braunen Spreuhaare, »Pennawar Djambi«, werden für Polsterzwecke und wurden früher als blutstillendes Mittel verwandt. — Dodge (187); Heyne (364).

C. glaucum Hook et Arn. Sandwichinseln. Liefert Spreuhaare, die einen Teil des als »Pulu« oder als »golden moss« bezeichneten Polstermaterials bilden.

C. Menziesii Hook. (= *Dicksonia Menziesii* Hook.). Zentralamerika, Mexiko, Hawai, Philippinen, Sumatra, Indien. Die Spreuhaare liefern die beste Sorte von »Pulu« oder »Pennawar Djambi«, für Polsterzwecke und wurden früher als blutstillendes Mittel verwandt. Die langfaserigen Sorten sollen auch gemischt mit anderen Fasern versponnen werden. — Miquel, Sumatra, 1862, S. 74; Dodge (187), S. 118.

Balantium culcita (L'Hér.) Kaulf. (= *Dicksonia culcita* L'Hérit.). Azoren, Madeira, Teneriffa. Wollige Blattstielbesenhaare liefern »Pulu« für Polsterzwecke. Diels in Engler-Prantl (214), I, 4, 1902, S. 119.

Alsophila lurida Bl. Malaiischer Archipel. Stammspreuschuppen liefern das Polstermaterial »pakoe-kidang«. Winkler (776).

A. glauca I. Sm. Tropisches Asien. Blattstielhaare als Surrogat von »pennawar djambi« verwertet. Heyne (364) I.

5. Polypodiaceen.

Dictyopteris irregularis Presl. Java. Haarförmige Spreuschuppen »pennawar djambi« liefernd. — Heyne (364).

Sadleria cyatheoides Kaulf. Sandwichinseln. Spreuschuppen der Blattstielbasen liefern »pulu amamau«. — Dodge (187), S. 328; Hillebrand (366).

Stenochlaena palustris Bedd. Malaiisches Gebiet. Stengel geben Flecht- und Bindematerial. — Heyne (364); Muller (529), S. 23.

6. Gleicheniaceen.

Gleichenia linearis Clarke. Malaiischer Archipel, Philippinen. Die gespaltenen Blattstiele werden als Flechtmaterial für Bänder, Hüte u. dgl. verwertet. — Heyne (364); Clercq (156); Philipp. Bureau For. Bull. 1919, 19, S. 18; Ridley (583), Iterson, G. (390), S. 168; Muller (529), S. 22.

7. Schizaeaceen.

Lygodium circinnatum Sw. Malaiischer Archipel, Philippinen. Stengel verwertet für Flechtwaren, Hüte usw. — Heyne (364); Clercq (156); Robinson (586), S. 102; Muller (529), S. 17.

8. Osmundaceen.

Osmunda regalis L. var. Japonica Milde. Die Trichome der jungen, eingerollten Wedel werden in Japan als Osmunda-Wolle manchmal mit Baumwolle versponnen und zu Stoff für Regenmäntel verarbeitet. Ohara (535 *a*, *b*).

9. Cycadaceen.

Cycas circinalis L. Ostindien, Japan. Blattfasern. Cat. des col. franç. 1867, S. 81.

C. Rumphii Miq. (= *C. circinalis* Roxb.). Indien, Malaiischer Archipel. Haarfilz der Blattstielbasen gibt eine Art »Pulu«. — Clercq (156); Dodge (187), S. 143.

Macrozamia spiralis Miq. N. S. Wales, Queensland. Blatthaare als »Pulu« verwertet. — Maiden (470).

10. Pinaceen.

Picea excelsa Link, *Abies alba* Mill. (= *A. pectinata* D.C.). Das Holz der Fichten, Tannen und anderer Nadelhölzer findet ausgedehnte Anwendung in der Papierfabrikation; siehe Papierfasern. Die Nadeln der genannten und auch anderer Koniferen, insbesondere aber die der Föhren (*Pinus silvestris* L., *P. laricio* Poiret bes. *var. austriaca;* in Nordamerika *P. palustris* Mill.), dienen in verschiedenen Ländern (im Thüringer Wald, zu Jönköping in Schweden, zu Wageningen in Holland, Nordamerika usw.) zur Darstellung der Waldwolle (pine or forest wool, laine de bois), welche durch Zerfaserung der Nadeln gewonnen wird. Es ist dies ein Faserstoff, der aus Oberhautstreifen, Sklerenchymfasern und Gefäßbündelteilen der Koniferennadeln besteht, als Stopfmaterial und, mit anderen Fasern (Baumwolle oder Schafwolle) gemengt, zu Garnen versponnen und zu Gesundheitskleidungsstücken (Gesundheitsflanell), Matten und Läufern verwebt werden kann. Die Nadeln von *Larix europaea* D. C. sind für die Gewinnung von Waldwolle nicht geeignet. Die bedeutendste Waldwollwarenfabrik befand sich zu Remda (Weimar), wo Laritz diesen Industriezweig begründete. — Grenish, Pharm. Journ. and Transactions, XV, 1884—1885, S. 381; Zipser (794), I, 1899, S. 41; Höhnel (375); Tropenpflanzer (15), 1915, S. 720; Ulbrich (724); Sellergren (663); D. R. P. Nr. 16 633 (Stephens) und 332 096 (Guttmann und Siegert).

11. Cupressiaceen.

Thuja gigantea Nutt. Riesenlebensbaum. Nordamerika. Der Bast wird von Eingeborenen der pazifischen Küsten für die Erzeugung von Matten, Hüten, Seilen usw. verwandt. — Mueller (521), S. 396; Dodge (187), S. 312. Der aus Japan stammende in der europäischen Flechterei verwendete Bast stammt auch von einer Thujaart, vielleicht von *Thuja japonica* Max. — Schilling (632), S. 258.

12. Gnetaceen.

Gnetum gnemon L. (= *Gnemon domesticum* Rumph.). Sundainseln, Molukken, Neuguinea, Philippinen, Mariannen. Sehr feste Bastfaser für Seilerwaren, Netze u. dgl. verwertet. Auch für die Papiererzeugung und als Spinnstoff verwendbar. — Miquel (502), II, S. 1067; Selleger (661), S. 17; Heyne (364); Clercq (156); Aisslinger (48), S. 52; Dodge (124), S. 173; Rosoll (590a); Philipp. Bureau For. Bull. 1919, 19; Journ. of Text. Inst. 1921, Nov., S. 455.

G. funiculare Bl. Java, Celebes, Molukken. Bastfaser für Stricke »Waru«, »Bagu«. — Miquel (502), II, S. 1068; Miquel, Sumatra, S. 96; Clercq (156).

G. scandens Roxb. (= *G. edule* Bl.). Indien bis ostindisch. Archipel. Bastfaser für Seilerwaren, Fischnetze. — Watt (748); Aisslinger (48).

13. Typhaceen.

Typha angustifolia L. und *T. latifolia* L. Lieschkolben, Rohrkolben (cat tail [England], mosette [Frankreich], Lana de Enea [Italien], Partasana [Amazonas], Tabua, Tabebuya [Brasilien], Totora [Peru]). Europa, Asien, Amerika. Die Fruchtwolle kann als Polstermaterial, und mit Tierhaaren gemengt, da sie gute Filze gibt, in der Hutfabrikation und weiter als Füllstoff in der Streichgarnabfallspinnerei in gewissen Grenzen verwendet werden. Als »Jatawolle« wurde sie zur Herstellung von Binden und zu anderen Lazarettzwecken benutzt und für Explosivstoffe in Vorschlag gebracht. Die Blätter, die schon lange von den Faßbindern zum Verstopfen der Ritzen zwischen den Dauben und Bodenstücken verwertet werden, und die Stengel finden auch Verwendung als Flechtmaterial für Matten, Körbe, Flaschenüberzüge, Garbenbinden, Bedachungen und als Rohstoff für die Papierfabrikation. Über die Bastfasern der

Blätter siehe Typhafaser. Literatur über die Fruchthaare, die man früher als Perigon deutete (Rohrbach), die aber echte Trichome darstellen: Engler, Typhaceen, S. 185 in Engler-Prantl (214), II, 1, 1889; Wiesner (762), S. 8; Höhnel (378), S. 39; Beauverie (69), S. 653; Reimers (568), S. 79; Diels (180), S. 336; Mittl. Reutlingen (29), 5, 1919, S. 14.

14. Pandanaceen.

Pandanus tectorius Soland. (= *P. odoratissimus* L. f. = *P. verus* Rumph. = *P. littoralis* Jungh.)

P. utilis Bory (= *P. candelabrum* Hook. = *P. elegantissimus* Hort.)

P. atrocarpus Griff. (= *P. montanus*)

P. furcatus Roxb. (= *P. Houlletii* Carr.)

P. Thomensis Henriques.

S. Pandanusfaser, II, 35.

Freycinetia Banksii A. Cunn. Indischer Archipel, Südsee, Neuseeland. Blattstreifen und Blattfasern zu Flechtarbeiten verwandt. — Dodge (187), S. 168; Finsch (231), S. 399 u. 407.

F. Reineckei Warb. Samoainseln. Die subepidermalen Blattbaststränge werden von den Eingeborenen zu feinen und kostbaren Matten verarbeitet. — Nach Schilling (632), S. 120, werden wahrscheinlich noch andere der zahlreichen Arten in der Südsee und Malaynesien praktisch verwertet.

Sarasanga sinuosa Hemsl. Salomonsinseln. Blattfasern für Bindezwecke der Eingeborenen. — Schilling (632), S. 239.

15. Potamogetonaceen.

Zostera marina L. Meeresküsten von Europa, Nordamerika, Kleinasien, China, Japan. Die Blätter liefern als »Seegras« (siehe auch unten bei Gramineen) »Slamp«, »Wier« (holländ.), »grass wrack, sea wrack« (engl.) ein häufig verwandtes Polstermaterial. Seit alters her wird dieses Seegras (als »Alga vitrariorum«, »Ulva marina«, »Alva marina«) in Venedig zum Verpacken von Glaswaren benutzt. Zur Spinnfasergewinnung und auch zur Papierfabrikation ist das Material nicht geeignet. — Dodge (187); Beauverie (69), S. 659; Rostaing (591), S. 74; Ulbrich (723); Koller (411); Griebel, C., u. Rothe, W., Ztschr. f. Unters. d. Nahrgs.- u. Genußmittel, 1921, 41. Bd., S. 72.

Posidonia oceanica L. (Del.) (= *P. Caulini* Kon.). Mittelmeer und atlantische Küsten der iberischen Halbinsel. So wie *Zostera marina* verwandt. — Engler-Prantl (214), II, I (1889), S. 206.

P. australis Hook. f. Siehe Posidoniafaser, II, 39.

Phyllospadix Scouleri Hook. Japanisches Seegras, Suga-mo, Umi-sage, Gomo-kusa, Hama-kusa (japanisch). Küsten Ostasiens und Nordamerikas. Die bis 2 m langen Blätter dieser Wasserpflanze sind reich an Fasern, die für die Papiererzeugung und als Spinnfaser (Baumwollersatz) geeignet sein soll. Letztere wird auch als »Ebino«, »Ryoguno« bezeichnet. — Ulbrich (723), Nachr. Textilwirtsch., 1920, Nr. 48, S. 10; Textile Forschung (38), II, 1920, S. 106, u. III, 1921, S. 111; Hachimeto, Y., Journ. Soc. Dyers a. Colourists, 1921, Nr. 2, S. 58; Färber-Ztg., 1921, S. 340.

16. Butomaceen.

Butomus umbellatus L. Blumenbinse, Wasserliesch. Europa. Blätter und Blütenstengel wurden erfolglos zur Fasergewinnung vorgeschlagen. — Ulbrich (724).

17. Hydrocharitaceen.

Enalus acoroides (L. f.) Steud. (= *Stratiotes acoroides* L. f. = *Enhalus Koenigii* L. C. Rich.). Tropische Küsten des indischen und westlichen Stillen Ozeans. Blattfasern für Matten, Stricke (Molukken), Netze (Südsee) und Papier (Japan). — Ascherson-Gürke in Engler-Prantl (214), II, 1, S. 254; Dodge (187), S. 157; Savorgnan (613); Ulbrich (723); Cunnington in Transact. Linn. Soc. 2. ser. VII, 1912, S. 355 bis 373 (Anatomie).

Thalassia Hemprichii (Ehrb.) Aschers. Yap. Die Faser des Blattrandes dieser »Lem« genannten, in flachem Salzwasser wachsenden Pflanze wird zu Handnetzen (»Kaf«) trocken verarbeitet. — Müller (528), S. 98.

18. Gramineen.

Bambusa arundinacea Willd. (= *Arundo Bambos* L.). Die Faser des Stammes dieser und anderer Bambusa-Arten ist in China ein wertvolles Material für die Pa-

pierbereitung. Siehe Papierfasern. Außerdem werden die der Länge nach gespaltenen Halme als Flechtmaterial für Hüte, Matten, Körbe usw. verwertet. Besonders geschätzte Erzeugnisse liefert die äußere Rinde noch junger, grüner Halme. Durch Behandlung mit Lauge und darauffolgendes Walzen und Kratzen wird dieses Material sogar weich genug für die Erzeugung von Stricken und Geweben. Aus Java wurden 1920 nach G. v. Iterson (391), S. 91, drei Millionen Bambushüte ausgeführt. Das Absatzgebiet dieser hauptsächlich unter Leitung von Europäern stehenden Kleinindustrie ist Amerika. Auch auf den Philippinen stellen die als »Baliwag« und »Pulihan« bezeichneten Bambushüte einen bedeutenden Ausfuhrartikel dar. — Christy (151); Schröter (638); Dodge (187); Watt (748); Bull. Imp. Inst. London XVIII, 1920, 3, S. 403; Camus (139); Heyne (364), Bd. I.

Stipa tenacissima L. (= *Macrochloa tenacissima* Kunth.). Siehe Espartofaser, II, 37.

Lygeum spartum L. (= *L. spathaceum* L.). Sennoc, Albardine (Afrika); Lacrime salvatiche (ital.). Spanien, Nordafrika. Stengel zu Flechtwerk und Geweben. Siehe auch Espartofaser, II, 37.

Gynerium argenteum Nees (= *Cortaderia argentea* Stapf). Pampasgras; Penacho branco (bras.); Paja de penacho (Uruguay); Cortodera (Argent.). Südbrasilien und Argentinien. Bis 3 m lange Blätter, geeignet für Papierfabrikation und auch für Hutflechterei verwertet. — Dodge (187); Frommel (241); Corrêa (159), S. 248; Seckt (656 a), S. 178.

Saccharum officinarum L. Sugar cane (engl.); Canne à sucre (franz.); Suikerriet (holländ.); Teboe (malaiisch); Muddargent (arab.). Das abgepreßte Zuckerrohr, Ampas oder Bagasse, dient zur Papierbereitung. — Cat. des col. fr., S. 79; H. Müller (522) 1873, III, S. 109; Dodge (187); Selleger (661), S. 55; Tropenpflanzer (15), VIII, 1904; Heyne (364); Muller (529), S. 40; Bull. Imp. (8), 1923, S. 517. — Mikroskopie: T. F. Hanausek, Papierfabrikant (13) 1911, Fest- und Auslandsheft, S. 34. Über die Zuckerrohrwolle (Polstermaterial) siehe Höhnel (374).

S. sara Roxb. (= *S. Munja* Roxb.). — Sara, Sarapat, Munja (indisch). — Indien, Ostasien, Philippinen. Zur Flechtarbeit (Körbe, Matten), für Stricke und zur Papierfabrikation. Die Faser wird als »Munj fiber« bezeichnet. Watt (748) I, 3, S. 2; Semler (664) III, S. 763; Bull. Imp. (8) 1921, S. 174; Papierfabrikant (13), S. 269; Beauverie (69), S. 603.

S. spontaneum L. Südliches Indien, Malaiischer Archipel, Philippinen. Für Papierfabrikation und in Indien zur Seilerzeugung. Bull. Imp. (8) 1921, S. 174; Papierfabrikant (13), S. 269; Schilling (632), S. 234. Für Papierfabrikation werden auch *S. arundinaceum* [Watt (749), S. 929], *S. fuscum* [Dodge (187), S. 283] und *S. Narenga* Wall. verwertet. Schilling (632), S. 234.

Eleusine coracana Gaertn. Ragihirse, afrikan. Hirse, Ragi Millet (engl.); Korakan (ind.); Marua (bengal.); Keneb (arab.); Ulesi (ostafrikan.). Ostindien bis Afrika. Faser der Stengel lokal zur Seilerzeugung. Catal. col. franc., S. 79; Beauverie (69), S. 604; Savorgnan (613); Schilling (632), S. 104.

E. indica Gaertn. Wire grass (engl.). Zerspaltene Stengel dieses in den wärmeren Ländern weit verbreiteten Unkrautes für Korb- und Hutflechterei. In Java werden Zigarrenbehälter daraus geflochten. Braun (128); Heyne (364); Schilling (632), S. 104.

Ampelodesmos tenax Link. — Diss, Dyss (arabisch). Mittelmeergebiet, insbesondere Algier. Dient zur Papierfabrikation. Die Blätter werden auch für Hutflechten (Italien), Rebenbinden (Sizilien), Fischnetze verwendet und liefern nach Beauverie (69), S. 601, für den Handel eine Sorte »chiendent« für die Bürstenerzeugung. Dodge (187); Schilling (632), S. 28; Müller (522) III, S. 104. Die anatomischen Verhältnisse dieses Grases hat T. F. Hanausek mit Rücksicht auf die analogen Verhältnisse der Blätter von *Stipa tenacissima* und *Lygeum spartum* studiert, da auch *Ampelodesmos tenax* den Espartogräsern, dem Rohmaterial für die Espartozellulose, zugezählt wird. T. F. Hanausek, Papierfabrikant (13) 1912, 23a, S. 34.

Festuca patula Desf. Nordküste Afrikas. Dient zur Papierfabrikation. H. Müller (522) III, S. 104. *F. arundinacea* ist

vielleicht für ähnliche Zwecke verwendbar. Sellergren (663); Schilling (632), S. 112.

Phragmites communis Trin. (= *Arundo phragmites* L.). Schilfrohr, Reed grass, common reed (engl.). Kosmopolit, bis in die Arktis reichend, selten fehlend, z. B. im Amazonasgebiet. Halm samt Blättern in der Papierfabrikation, auch für Bedachung und Flechtwerk vorgeschlagen. Dient auch als Ersatzfaser für Bindegarne, aber nur von geringer Qualität. Die Bindegarne aus Schilf haben (Deutsche Kriegskommission 1915) nur eine Tragkraft von 9 kg, während die aus Hanf erzeugten Bindegarne eine Tragkraft von 55—60 kg aufweisen. Textilmeister, Wien 1915; Beauverie (69), S. 603. Aus den Wurzelstöcken wollte man auch einen Spinn- und Papierstoff gewinnen: D.R.P. 304 285. Über Zellstoffgewinnung aus der ganzen Pflanze sieht Herig in Zellulosechemie I (1920) Nr. 8 u. 9 und II (1921) Nr. 3. Sellergren (663); Schilling (632), S. 215; Muller (529), S. 39.

Phragmites karka Trin. Kainggras, Indisches Monsungebiet. (Nach Index Kewensis wäre diese Art, ebenso wie *Phragmites Roxburghii* Steud. (in Indien die »Darmamatten« liefernd) identisch mit unserem Schilfrohr, *Phr. communis*). Zur Papierbereitung. T. F. Hanausek, Der Papierfabrikant, 1911, H. 46. — Bull. Imp. (8) 1921. Zerspaltene Halme nach Schilling (632), S. 215, für grobes Flechtwerk bei den Malaien verwertet.

Arundo donax L. Mittelmeergebiet, Südamerika. Italienisches Rohr, Pfeilrohr, Buss-farisi, Buss-haggni (arab.). Dient zu Flechtarbeiten. Die Faser wird für die Papierfabrikation empfohlen. — Herzberg in den Mitteilungen der kais. techn. Versuchsanstalt. Berlin 1895. Gespaltene Halme für Flechtarbeiten. Bull. Imp. Inst. (8), 1921, S. 174; Schilling (632), S. 38.

A. madagascarensis Kunth. Auf Madagaskar werden die Halme zum Hutflechten verwandt. Perrot et Gorris (543); Schilling (632), S. 38.

Arundinaria macrosperma Michx. Amerikanisches Schilf. Dient in der Papierfabrikation. — H. Müller (522), III, S. 106.

A. tecta Muehl. Maryland. Faser der Stämme zur Papierbereitung. Grobe, feste Stammfaser für Tauwerk, Bindematerialien. — Ann. Report. U. St. Depart. Agric. 1879. — Dodge (187); Schilling (632), S. 37.

A. falcata Nees (Himalaya), *A. gigantea* Nutt. (Amerika), *A. intermedia* Munro (Himalaya), *A. Prainii* Gamble (Naga- und Jaintiagebirge), *A. racemosa* Munro (Sikkim und Nepal) und *A. Wrightiana* Nees (südl. und westl. Indien) für Flechtarbeiten verwertet. — Watt (748, 749); Schilling (632), S. 37.

Ammophila arenaria Roth (= *Arundo arenaria* L.). Strandhafer, Sandhelmgras, Beach grass, Marram grass, Sea reed (engl.). Sehr gemeines Gras der Dünen. Mittelmeergebiet, auch sonst fast überall an den Küsten Europas und Nordamerikas. Als Marram-Gras in der Papierfabrikation in England und Amerika angewandt. Gelegentlich auch für Matten und landwirtschaftliches Bindestroh. — Kew. Bull. 1912, S. 396; Lightfoot, G. (461).

Imperata arundinacea Cyr. (= *I. Koenigii* Beauv. = *cylindrica* Beauv.). »Lalûng«, »Alang«, »Blady grass« (Austral.), »Chigaya« (Japan). Lästiges Unkraut in Ostasien, Siam, Indien, malaiischer Archipel bis Afrika, Madagaskar. Bildet im malaiischen Archipel den Hauptbestandteil der Alang-Alangfelder. Stellt ein immer mehr beachtetes Material für die Papierfabrikation dar und dient auch zum Dachdecken. In Queensland wird es für Flechtarbeiten benutzt. Kew. Bull. 1909. — Remington (573); Selleger (661), S. 50; Trop. Agric. and Magazin XXXII, 1909. — Hackel in Engler-Prantl (214), II, 2, S. 23; Bull. Imp. (8), 1919, S. 155—157; XIX, 1921; Heyne (364); Lightfoot (461); Papierfabrikant (13), 1920; Iterson (390); Watt (748); Hillier (367); Schilling (632), S. 151.

I. exaltata Brong. (= *I. contracta* Hitch.). Indien und Philippinen. Das »Cogon« oder »Lalang djawa« genannte Gras liefert auch Papiermaterial. — Bull. Imp. (8), XIX, 1921, S. 269.

Zizania aquatica L. Wasserreis, Tuscaroareis, Water rice (engl.). Nordamerika, nordöstliches Asien. Dient in Nordamerika zur Papierfabrikation und zum Dichten der Fässer. — H. Müller (522), III, S. 108.

Panicum indicum L. (= *Hymenachne*

Myurus Lam. = *Hymenachne amplexicaulis* Nees). Dieses in großer Menge in den Savannen Venezuelas vorkommende Gras dient in der Fabrikation von ordinärem Papier. Es wird als Halbzeug unter dem Namen Gamelote oder Camelote nach den Vereinigten Staaten zur Bereitung von Packpapier ausgeführt. Das Stengelmark wird auf Java als Docht für Nachtlampen verwertet. — Ernst (218), S. 432; Bull. Imp. (8), 1921.

Panicum molle Sw. Trop. Amerika, Afrika. Für Papierfabrikation. — Bull. Imp. (8), 1921; Schilling (632), S. 209. Ebenso wie *P. obscurens* und *P. sanguinale* L.

Andropogon ivarancusa Roxb. Indien. Faser der Wurzel »Vettiver« (Woetiwear) zu groben Geweben, Seilen, Teppichen usw. — Cat. des col. fr., S. 78; Beauverie (69), S. 604.

A. squarrosus L. f. (= *A. muricatus* Retz = *Anatherum muricatum* Beauv.). — Cuscus, Khus-Khus, Koosa, Bena (indisch), Vettivér (malaiisch). Aus den Wurzelfasern dieses in der Parfümerie angewendeten Sumpfgrases werden wohlriechende Matten, Fächer und Zierflechtereien erzeugt. Cat. des col. franç., S. 78 u. 79. — Royle (598), S. 32; Engler-Prantl (214), II, 2, S. 28; Muller (529), S. 33.

A. nardus L. (= *Cymbopogon nardus* Rendle). Das Citronellagras wird wegen des ätherischen Öls in Ceylon und Java stark kultiviert und liefert Papierstoff. Watt (748). Als Rohstoff für die Papiererzeugung werden auch noch *A. auctus* Stapf (Südafrika), *A. glabra* (Britisch-Indien), *A. intermedius* R. Br. (Indien) und *A. rufus* Kth. (Zentral- und Ostafrika) genannt.

A. grillus L. (= *Chrysopogon gryllus* Trin.). Die Wurzelfasern werden in Oberitalien als »Quadro« oder italienische Reiswurzel in den Handel gebracht und in der Bürstenfabrikation verwertet. Bull. Col. Haarlem, 1897. — Wiesner, Ausstellungsbericht, 1867, S. 353.

A. sorghum Brot. (= *Sorghum vulgare* L.) Durro, Sorghohirse, Mohrenhirse; broom corn (englisch). Stengel für Flechtwerk, ferner als Besen- und Bürstenmaterial (die steifen Rispen einzelner Varietäten liefern die sogenannten »Reisbesen«), in Brasilien als Papierrohstoff. — Braun (128); Corrêa (159); Perrot (543); Beauverie (69), S. 602; Schilling (632), S. 30.

Zu Flechtereien werden auf den Philippinen und auf Java auch die Stengel von *A. zizanoides* L. (= *Vetiveria zizanoides*) angewendet. Die Wurzeln werden zur Erzeugung wohlriechender Fächer benutzt. — Robinson (586); Philipp. Bureau For. Bull. 1919, 19, S. 30.

Sorghum halepense Pers. (= *Andropogon halepensis* Brot.). Johnson grass; Cuba grass (engl.). Auf den Philippinen werden die zerspaltenen Halme für Flechtwerk verwandt, in Südafrika wird die Pflanze als Papierstoff genannt. — Bull. Imp. (8), 1918, S. 127; Schilling (632), S. 247.

Themeda gigantea Hack. (= *Anthistiria gigantea* Cav. = *A. arundinacea* Roxb.). Ullagras, Riesenspeergras, giant speargrass (engl.); Mandjah (Westjava). Hochwüchsiges Gras in Nordindien, Himalaja, zur Papierbereitung benutzt. Die Halme werden auch zur Strickerzeugung verwertet. — T. F. Hanausek, Papierfabrikant (13), 1911; Bull. Imp. (8), 1921, S. 174.

Themeda Forskahlii Hack. (= *Anthistiria vulgaris* Hack.). Kangaroograss, Australien, Südafrika. In der Papierfabrikation verwertet. Bull. Imp. (8), 1919, S. 143; Schilling (632), S. 31.

Ischaemum angustifolium Hack. Bulous oder Bharburgras. Indien, Kaschmir, Afghanistan. In Indien eines der wichtigsten Rohstoffe für die Papierfabrikation. Vielfach auch verwandt für Matten, Stricke, Seile und auch etwas als Surrogat für Jute bei landwirtschaftlichen Säcken. — Stapf in Kew Bull. 1899, S. 367; Dodge (187), S. 203; Beauverie (69), S. 603; Bull. Imp. (8), XI, 1913, S. 352, XIX, 1921; Raitt (561). Anatomie bei T. F. Hanausek, Papierfabrikant (13), 1911, Heft 25, S. 751; Papierfabrikant (13), 1921, S. 269; Schilling (632), S. 153; Muller (529), S. 37.

Epicampes macroura Benth. Mexiko. Die gereinigten Wurzeln dieses wildwachsenden Grases und von *E. stricta* Presl, welche Wurzeln das ganze Jahr hindurch geerntet werden können, geben den unter den Namen Zakaton, mexikanische Reiswurzel, Raiz de Zakaton, Chiendent (franz.), Witchroot (engl.), Mexican Whish, Riceroot, Dogtorth bekannten wichtigen Roh-

stoff, der besonders in der Bürsten- und Besenerzeugung verwandt wird. Hauptabnehmer von Zakaton sind Deutschland, Frankreich und die Vereinigten Staaten. — Endlich (209); Tropenpflanzer X, 1906, S. 369—382; J. N. Rose (590) in Unit. States Departm. of Agriculture, Div. of Botany, 1899, S. 252; Beauverie (69), S. 601; Braun (131); Schilling (632), S. 106 u. 280.

Epicampes rigens Benth. Mexiko, Texas, Kalifornien. Für Flechtarbeiten. — Dodge (187).

Heteropogon contortus R. et S. (= *Andropogon contortus* L.). Spear grass (engl.), Kher (Bengalen), Indien. Für Flechtarbeiten und zur Papierfabrikation. — Watt (748), IV, S. 228; Bull. Imp. (8), 1921, S. 174.

Uniola racemiflora Trin. Westindien. Für Seilerei und Papierfabrikation. — Dodge (187); Bull. Imp. (8), 1921, S. 174; Schilling (748), S. 267.

Trichopterix togoensis Pilger. In Togo zu Armringen der Frauen verwandt. — Volkens (740).

Thysanolaena agrostis Nees (= *Th. maxima* O.K. = *Panicum acariferum* Trin.). Süd- und Ostasien. Für Besenerzeugung. — Dodge (187); Heyne (364).

Teinostachyum dullooa Gamble. In Bengalen, Assam, Burma für Flechtwaren. — Watt (749).

Sporobolus indicus R. Br. (= *Sp. elongatus* R. Br.). Carpet grass, sweet grass (engl.). Die Halme dieses in den Tropen weitverbreiteten Grases werden für die Hutflechterei verwandt. Diese Hüte zeichnen sich durch besonderen Glanz und goldgelbe Farbe aus. — Dodge (187); Perrot et Goris (543); Dubard (194); Corrêa (159); Handb. d. Strohhutfabrik. (299), S. 74. In Java werden die unteren Halmteile für die Besenerzeugung verwandt. — Schilling (632), S. 249.

Spartina cynosuroides Roth. Cord grass, Marsh grass, Bull grass, Slough grass. Nordamerika, für Papierfabrikation. — Dodge (187); Papierfabrikant (13), 1909, S. 496; Schilling (632), S. 248.

Schizostachyum brachycladum Kurz. Niederländ.-Indien. Zerspaltene Stengel für Flechtwerk. — Heyne (364); Schilling (632), S. 240. Über verschiedene *Schizostachyum* sp. siehe Muller (529), S. 50.

Rhytachne Kerstingii Pilger. In Togo für Flechtereien. — Winkler, H. (776); Volkens (740), 1909.

Pseudostachyum polymorphum Munro. Osthimalaja, Assam, Burma. Für Flechtereien. — Watt (749).

Poa caespitosa Forst. Australien, Neuseeland. Für die Erzeugung von Matten und Netzen und von Papier geeignet. — Maiden (470); Mueller (521); Schilling (632), S. 221.

Molinia coerulea (L.) Moench. Die Wurzelfasern dieses europäischen Pfeifengrases wurden für Bürsten, Besen und Flechtwerk, und der Stengel als Papierrohstoff vorgeschlagen. — Ulbrich (727); Schilling (632), S. 191.

Melocanna bambusoides Trin. Ostbengalen, Burma. Für Papierfabrikation. T. F. Hanausek in Papierfabrikant, 1911.

Gigantochloa spec. In Indien und Malaynesien werden verschiedene Arten als Flechtmaterial verwertet. — Schilling (632), S. 123.

Dendrocalamus spec. Indien. Wie Bambus vielseitig verwertet. Auch für Papierfabrikation geeignet, z. B. *D. strictus* Nees. Siehe auch Muller (529), S. 49.

Eragrostis cynosuroides R. Sch. Dab grass, Duwa, Davoli. Indien bis Afrika. Stengelfaser für Stricke. — Watt (748); Beauverie (69), S. 604.

Das Stroh von Weizen (*Triticum vulgare*), Roggen (*Secale cereale*), Gerste (*Hordeum vulgare* L.) und vom Reis (*Oryza sativa*) wird für Flechtarbeiten benutzt. Weizenhalme stellen einen wichtigen Rohstoff für die Strohflechterei dar. Die Florentinerhüte aus Italien sind z. B. ein Erzeugnis aus solchem Stroh. In China sind reife Weizenhalme, neben Gersten- und Reisstroh, das Hauptstrohmaterial für die Flechtarbeiten. Roggenstroh ist als Flechtstroh geringerwertig als Weizenstroh. Gerstenstroh wird auch in bedeutendem Maße zu Flechtarbeiten, besonders für Hüte benutzt. Es stellt einen wichtigen Ausfuhrartikel von Japan nach England, Frankreich und den Vereinigten Staaten dar. Lit.: Handbuch (299). Außerdem wird das Stroh der genannten

Getreidearten und das Stroh vom Mais (*Zea mays*) in der Papierfabrikation benutzt. Siehe Papierfasern.

Aus dem Getreidestroh (Roggen, Weizen) wurde im Weltkrieg durch chemische Behandlung eine Spinnfaser, die Stranfa, gewonnen, die, wenn aus dem oberen Teil der Stengel stammend, sich mit Kunstwolle zu Mischgarnen verspinnen und sich dann auch gut ausfärben ließ. — Kunststoffe 1918, S. 240; Deutsche Faserstoffe, 1920, S. 111.

19. Cyperaceen.

Cyperus papyrus L. Papyrusstaude. Tropisches Afrika, Ägypten, Kalabrien und Sizilien. Papyrus der alten Ägypter, Griechen und Römer. Siehe Papierfasern. Die Stengel werden heutzutage lokal für Flechtarbeiten verwertet. —

C. tegetum Roxb. Calcutta mat rush, Grass-matting plant of Calcutta (engl.), Mudar-Kati (indisch). Indien. Flechtmaterial für die Kalkuttamatten, grassmats, mudar-mats. — Watt (749); Schilling (632), S. 90.

C. corymbosus Rottb. Indien, Ceylon, Afrika, Amerika. Flechtmaterial für Matten. Die Varietät Pangorei C.B.C. dieser Art liefert Halmstreifen, aus denen die feinsten indischen Matten »Tinnevellymats« erzeugt werden dürften. — Watt (748 u. 749); Schilling (632), S. 89.

C. malaccensis Lam. Indien, malaiischer Archipel, Philippinen. Stengel liefert gesuchtes Matten-Flechtmaterial. — Watt (749); Robinson (586), S. 120; Heyne (364); Philipp. Bureau For. Bull., 1919, 19, S. 38; Muller (529), S. 53.

C. unitans. In Japan für gröbere Matten. — Dodge (187). *C. diffusus* Kth. Paraguay. Angeblich gute Fasern liefernd. Range (582), Seckt (656 a).

C. textilis Thunberg. Japan. In europäischen Gärten seit 1850 kultiviert. Die Blätter dienen (getrocknet, in Längsstreifen zerschnitten und dann aufgeweicht) zum Binden, z. B. des Rebstocks. — Caille (135), S. 317.

C. Schimperianus Steudel. Nord- und Ostafrika. Stengelfasern für Stricke, die für Wasserschöpfräder verwandt werden. — Rein (571), S. 534.

Carex brizoides L. Die Blätter liefern eine Art Seegras (auch Waldhaar genannt). In großen Mengen in Baden (badisches Rheintal) und in Oberösterreich gesammelt und als Stopf- und Flechtmaterial in den Handel gebracht. — Newald, Offiz. österr. Ausstellungsbericht 1873, Forstwirtschaft, S. 43; Ulbrich (732). Eine ähnliche Verwendung soll finden *C. arenaria* L. (Nord- und Mitteldeutschland), *C. ligerica* Gay. (Norddeutschland), *C. paniculata* L. und *C. praecox* Schreber. — Schilling (632), S. 66.

Fimbristylis globulosa Kunth. Malaiischer Archipel und Philippinen. Mendong (Java). Die getrockneten Stengel als Flechtmaterial für Matten, Geldbeutel usw. — Clercq (156); Heyne (364); Phil. Bur. for Bull. 1919, 19, S. 43. Über einige *Fimbristylis* spec. siehe Muller (529), S. 56.

Heleocharis plantaginea R. Br. Stengel auf Madagaskar, Ceylon, Sumatra und Nordborneo Flechtmaterial für Matten und Hüte. — Heyne (364); Perrot (543).

Scirpus lacustris L. (= *Heleocharis palustris* R. Br.). Teichbinse, Storchsimse, Bulrush, Matrush (engl.), Guinco da stuoie (ital.). Europa, Nordamerika, Nordasien, Südseegebiete. Stengel zur Herstellung von Matten, Körben, Flaschenhüllen, auch als Rohstoff für die Papierfabrikation. Nach Boehmer (94), II, S. 493 wurde das Mark für Lampendochte verwandt. — Dodge (187); Muller (529), S. 63; Sellergren (663); Wittmack (781); Schilling (632), S. 240; Anatomie bei Herzog (346), S. 5—7.

S. grossus L. Java. Stengel als Flechtmaterial. — Muller (529), S. 63; Heyne (364).

S. mucronatus L. Koemboeh (malaiisch). Flechtmaterial für gewöhnliche Matten, Reissäcke, Kopfbedeckungen. — Muller (529), S. 63; Clercq (156); Heyne (364).

Lepidosperma elatius Labill. und *L. gladiatum* Labill. Viktoria und Tasmanien. Die Fasern der grünen Teile zur Papierbereitung. — Christy (151), S. 48; Maiden (470); Dodge (187), S. 217.

Lepironia mucronata Rich. Madagaskar, indischer Archipel bis Australien. Poeroen (malaiisch), Penji (Madagaskar). Die Stengel stellen ein wichtiges Flechtmaterial für die Poeroenmatten dar, die

als Emballage für Java-Kapok, Sumatra- und Java-Tabak und andere Produkte viel gebraucht werden. In Südostborneo allein werden jährlich mehr als 10 Millionen Matten geflochten. Auf Madagaskar dient das Material für die Strohhutflechterei. — Perrot (543); Heyne (364); Iterson G. jr. (391), S. 94; Handbuch der Strohhutfabrikation (299), S. 73; Beauverie (69), S. 605.

Mapania Heyneana Backer. In Palembang Flechtmaterial für Matten.— Heyne (364).

Scleria caricina Benth. Auf Sumatra für Mattenflechterei verwandt. Clercq (156).

Eriophorum spec. Wollgräser, Cotton grass (engl.), lino della paludi (italien.). Mitteleuropa. Wollbüschel des Fruchtstandes. Man versuchte die Wolle unserer europäischen Wollgrasarten als Ersatz für Baumwolle zu verwenden; begreiflicherweise ohne Erfolg. Über den Anteil des Wollgrases an der Torffaser, siehe diese, II, 43. — Lit.: Boehmer (94), I, S. 567; Ulbrich (722); Dodge (187), S. 762; Höhnel (374), S. 41; T. F. Hanausek in Textilmeister, Wien 1915; Schürhoff (639).

Eriophorum comosum Nees (Wall.). Nordwestindien. Bab, Babar, Bhabur (Pandschab). Blattfaser lokal verwandt für Seile, aber wenig haltbar. — Watt (748); Dodge (187). Nach Schilling (632), S. 108, bildet die Faser auch einen kleinen Teil des »Bhabar« (vgl. *Ischaemum*).

20. Palmen.

Chamaerops humilis L. Zwergpalme. Mittelmeergebiet. Faser der Blätter zu Seilen, auch als eine Art vegetabilisches Roßhaar (Krollhaarsplint) für Polsterzwecke (crin végétale oder crin d'Afrique, in Berlin als Indiafaser, worunter nach Wittmack aber auch andere Ersatzmittel der Roßhaare zu verstehen sind, in Wien »Afrik« genannt). Die Blätter sind auch für die Papierfabrikation sehr geeignet. — H. Müller (522), III, 1, S. 105. Mit Kamelhaar gemengt zu Geweben (Zeltstoffe) in Algier, in den Mittelmeerländern, am Senegal. Cat. des col. fr., S. 80. — Avitable (60); Beauverie (69), S. 645.

Phoenix dactilifera L. Dattelpalme, date palm, edible date (engl.). Tropen. Blätter und Blattfaser Flechtmaterial für Matten, Körbe, Hüte, Fächer. Blattstiele und Blattstielfasern für Seilerei, Flechtwaren. — Vétillard (735), S. 233; Royle (598), S. 96; Watt (748); Semler (664), I, S. 671; Schilling (632), S. 214; Beauverie (69), S. 650.

Ph. reclinata Jacq. Afrika. Blätter Flechtmaterial der Eingeborenen (Matten [»mikeka« (ostafrik.)], Taschen, Körbe). Nach Europa auch Flechtgut exportiert als »Dara«. — Stuhlmann (685); Braun im Pflanzer 1911, 1913; Tropenpflanzer III, 1899, S. 125.

Ph. silvestris Roxb. (Indien), *Ph. farinifera* Roxb. (Indien, Ostasien), *Ph. robusta* Hook f. Blätter für Mattenflechterei. Blattfaser der ersten beiden für Bürsten usw. — Royle (598), S. 91; Watt (749).

Trachycarpus excelsa (Thunb.) Wendl. China, Japan. Shuro, Wajuro (japan.). Die zweijährigen, mit Dampf behandelten Blätter geben »Crin du Japon«, »Chinese coir«; letzteres soll aber auch von den Blattscheiden stammen. Blattfaser lokal für Flechtwaren (Matten, Hüte), auch für Seile und Bürsten. — Beauverie (69), S. 648; Dodge (187); Spon (678); Schilling (632), S. 261.

T. Fortunei (Hook.) Wendl. (= *Chamaerops Fortunei*) Indien. Blattscheidenfaser für Bürsten. — Beauverie (69), S. 648.

Raphidophyllum hystrix Wendl. et Drude (= *Chamaerops hystrix* Fras.). Zentralamerika und Westindien. Die starke und dauerhafte Faser der Blätter ist Handelsware. — Squier (679), S. 50.

Acanthorhiza Warscewiczii H. Wendl. Südamerika. Blätter und Blattfaser lokal zu Bürsten, Teppichen und Wandbekleidungen. — Dodge (187).

Trithinax brasiliensis Mart. Südl. Brasilien, Argentinien. Blattfaser für Besen u. Hüte. — Dodge (187); Koop [Anatomie] (420); Seckt (656a), S. 179.

Thrinax argentea Lodd. Silver-top palmetto; Palma de escoba. Mittelamerika. Blattfaser für Flechtereien, Besen, desgl. die Blattstiele. — Seemann (659), S. 341; Dodge (187), S. 311.

Th. Morrisii H. Wendl. (Westindien) und *Th. parviflora* Sw. (Florida). Blätter für Flechtarbeiten.

Corypha umbraculifera L. Talipotpalme.

Tali, Tara (Hindu), Pebin (Birma), Indien. Die Fasern der Blattstiele für Taue, Blätter für Flechtwaren (Matten, Hüte, Schirme). — Cat. des col. fr., S. 80; Watt (748); Vétillard (735), S. 235. Über das Blatt von *C. u.* siehe Papier.

Corypha gebanga Bl. (= *C. utan* Lamk.) Gebangpalme, Koealpalme, Cylarpalme. Gebang Poetjoek (Java), Lontar oetan (Batavia). Malaiischer Archipel. Zerspaltene Blattstiele werden für grobe Taue und in der Hutflechterei benutzt. Die Blattstreifen bilden ein wichtiges Flechtmaterial (Matten, Körbe, Dosen, Hüte, Säcke). Junge Blätter geben »Agel«, ein Material für dünne Matten (»Karow«), Seile (»Kadoet«), Säcke, Bindegarne, Kleidung, Netze. — Heyne (364); Clercq (156); Robinson (586); Schilling (632), S. 84.

C. elata Roxb. Buripalme. Indischmalaiisches Gebiet und Philippinen. Blattfaser (Ikid, Inikid) für Hutflechterei. Blätter zum Flechten grober Säcke, Matten. Handbuch der Strohhutfabrikation (299); Robinson (586); Muller (529); S. 73. Bei Heyne (364) wird die Art mit der vorhergehenden als *C. utan* zusammengezogen.

Nannarhops Ritchiana H. Wendl. (= *Chamaerops Ritchiana* Griff.). Indien. Blattfaser und Blattstiele für Flechtwaren (»Pfees«). — Watson, Journ. of arts, 1860, Mai, S. 11 ff.; Dodge (187); Watt (748).

Licuala peltata Roxb. Chatta-pat, Kapadeh. Indien. Blätter als Flechtmaterial für Hüte, Schirme. — Royle (598), S. 97; Seemann (659); Watt (748).

Livistona chinensis Mart. (= *Latania borbonica* Hort.). Biro, Birio (jap.). Ostasien. Blattfasern für Gewebe und Seile. Blätter für Huterzeugung. — Beauverie (69), S. 651.

L. australis Mart. (= *Corypha australis*). Cabbage palm. Blätter (Buntalfaser zum Teil) für Flechtarbeiten. — Dodge (187); Maiden (470).

L. rotundifolia. Celebes, Molukken, Philippinen. Blattstielfaser (»Buntal«) Rohstoff für Hutfabrikation. Nach Heyne (364) sollen die Blätter nur zum Einhüllen bei den Malaien dienen. Handb. d. Strohhutfabr. (299), S. 69.

Sabal palmetto R. et S. Palmettopalme. Florida, Carolina, Georgia. Faser der Blattstielscheiden für die Bürstenerzeugung. Blätter für Flechtwaren (Körbe, Hüte). — Dodge (187); Schilling (632), S. 234; Koop (420).

S. Adansonii Guerns (Florida, Carolina), *S. Blackburnianum* Glazebrook (Westindien), *S. umbraculifera* Mart. (Antillen) und *S. mexicanum* Mart. (Mexiko). Blätter für Flechtarbeiten. — Schilling (632), S. 233.

Inodes causarium. Auf Portorico werden aus den Blättern feine weiße Hüte geflochten. — Schilling (632), S. 152; Serre (665).

Serenaea serratula (Roem. et Schult.) Hook. f. Shrub palmetto (engl.). Von Florida bis Südkarolina. Blattfaser für Bürsten, Polster, Papierfabrikation. Blattstielfaser für Besen. — Dodge (187); Schilling (632), S. 242.

Copernicia cerifera Mart. Carnaubapalme, Wachspalme, Caranda (Paraguay), Brasilien. Blattfaser für Seiler- und Flechtarbeiten. Blätter für Flechtereien (Hüte, Matten). — Dodge (187). Hierher gehört nach Schilling (632), S. 79, vielleicht die neuerdings stark angebotene Carandeyfaser.

Medemia argun P. G. v. Württemberg (= *Hyphaene argun*). Kordofan und am blauen Nil. Aus den Blättern wird eine Faser gewonnen, die sich durch besondere Festigkeit auszeichnen soll. — G. K. Rein (571), S. 535.

Hyphaene coriacea Gaertn. Mia'a, Mina, Mya (Ostafrika). Madagaskar, Ostafrika. Blätter und Blattfasern für Flechtwaren, Bänder, Säcke, Besen, Fischreusen. — Braun (128); Claverie (153); Beauverie (69), S. 650.

H. thebaica Mart. Echte Dumpalme. Doum palm (engl.), Dum (arab.). Ägypten, Sudan, Madagaskar. Blätter für Flechtwaren, Blattfasern für Seilerei. — Dodge (187), S. 201; Checchi (156); Rein (571), S. 535; Koop (Anatomie) (420); Schilling (632), S. 150.

Borassus flabellifer L. (= *B. flabelliformis* Murr. = *Lontarus domestica* Rumph.). Palmyrapalme, Lontarpalme, Brab tree, black run palm (engl.). *B. flabellifer v. Aethiopicum* = Delebpalme. Südliches Asien, im malaiischen Archipel und auf Ceylon kultiviert. Fasern der Blätter für

Flechtwaren (Matten, Hüte, Körbe usw.). Junge Blattstiele und Blattstielfasern finden für Flechtereien und grobes Tauwerk Verwendung. Die Blattscheidengefäßbündel geben Piassave, siehe diese, II, 38. Für geflochtene Fischereigeräte benutzt man die Fasern des unteren Stammes (Tar fibre). Das Perikarp liefert eine Art Coir (tal coir, palm fibre), die für Bürsten (Surrogat für Piassave und Kitul) verwandt wird. Über die Blätter (die auch zum Dachdecken, für Fächer und in der Papierfabrikation verwertet werden) als Beschreibstoff, siehe Papier. — Dodge (187); Watt (748); Rein (571); Clercq (156); Hoernle (380); Schilling (632), S. 55.

Lodoicea callipyge Comm. (= *L. sechellarum*). Seychellennuß, Maledivische Nuß, double cocoanut palm (engl.), coco de mer (franz.). Blätter und Blattstielfaser für Geflechte. Filzhaare der jungen Blätter dienen als Polstermaterial. — Royle (598); Seemann (659); Dodge (187), S. 229; Watt (748).

Mauritia flexuosa L. fil. Eta-, Ita-, Muriti-, Mauritiuspalme. Brasilien. Junge Blätter (Epidermis) geben die Tibisirifaser für Flechtwaren (besonders für die Hängematten »Redes« oder »Maqueiras«) und Seilerei. — Seemann (659), S. 176; Vétillard (735), S. 240; Squier (679), S. 51; Beauverie (69), S. 651; Semler (664), III, S. 763.

M. aculeata H. B. K. Brasilien. Blattfaser. — Dodge (187), S. 238.

M. setigera Grisb. et Wendb. (tropisches Amerika) und *M. vinifera* Mart. (Muriti-Palme, wine palm of Para, Brasilien). Blattfaser für Flechtwaren. Letztere (»Burity«) auch für Seilerei. — Schilling (632).

Raphia vinifera P. et B. Blattscheidenfasern werden für Bürsten und Besen verwandt. Siehe Piassave, II, 38. Basstreifen der Blätter (Flechtmaterial) sollen nach Zimmermann (789) nicht im europäischen Handel vorkommen. Siehe Raphiafasern, II, 36.

R. ruffia Mart. (= *R. pedunculata*). Bambupalme. Madagaskar und ostafrikanische Küste. Die Blätter liefern den hellen, besten Raphiabast, Raffia (Gärtnerbast) des Handels. Siehe Raphiafaser, II, 36.

R. tamatavensis Sadebeck. Ostküste von Madagaskar. Nach Sadebeck (609), S. 353, dunklen Raphiabast liefernd.

R. taedigera Mart. und *R. Monbuttorum* Drude siehe Raphiafasern, II, 36.

Eugeissona insignis Becc. Von Malakka bis Neuguinea. Zerspaltene Wurzeln für Flechtarbeiten. — Dodge (187); Heyne (364).

E. tristis Griff. Malaiischer Archipel. Blattfaser und zerspaltene Blattstiele für Flechtarbeiten. — Seemann (659); Dodge (187).

Metroxylon Rumphii Mart. (= *Sagus Rumphii* Willd.) u. *M. Sagu* Rottb. Sagopalme. Indien, malaiischer Archipel. Zerspaltene Blattnerven für Matten (Buitenzorgsche M.), Kleidung. Blätter zum Dachdecken. Blattscheidenfaser für Seilerei. — Heyne (364); Schilling (632), S. 189.

M. laeve Mart. (= *Sagus laevis* Rumph.) Indien. Faser der Blätter. — Royle (598), S. 92.

Pigafetta filifera Merr. (= *Metroxylon filare* Mart.) (= *Sagus filaris* Rumph.). Hakoer (Ceram). Fasern junger Blätter für Garne (für Kleider). — Miquel (502) III, S. 149; Heyne (364).

P. elata H. Wendl. Banga, Wanga. Celebes. Faser angeblich für Garne. Heyne (364).

Zalacca conferta Griff. Malaiischer Archipel. Blattfaser für Fischnetze. — Heyne (364).

Z. edulis Bl. Indien, malaiischer Archipel. Stengelfaser für Flechtwerk auf Sumatra. — Heyne (364).

Z. macrostachya Griff. Indien. Blätter u. Blattstiele für Flechtwaren. — Royle (598), S. 123; Seemann (659).

Korthalsia spec. Hinterindien bis malaischer Archipel. Stämme dieser Kletterpalmen Rotang liefernd. Aufzählung bei Schilling (632), S. 165. Dasselbe gilt auch von einigen *Plectocomia-* und *Plectocomiopsis*-Arten. — Schilling (632), S. 220, 221.

Calamus sp. Die mehr oder weniger stark verkieselten, sehr langen Stämme vieler Calamusarten wie: *Calamus rotang* Willd. (Indien), *C. caesius* Bl. (Malaynesien), *C. javensis* Bl. (Java), *C. heteroideus* Bl. (Borneo, Sumatra), *C. retrophyllus* Becc. (Borneo), *C. paspalanthus* Becc. (Borneo), *C. rudentum* Lour. (Ma-

laynesien, Ceylon) usw. werden durch Zerreißen in einen Faserstoff verwandelt, der zur Herstellung verschiedener Seilerarbeiten und zu Schiffstauen, Matten u. dgl. sehr geeignet sein soll. Die tauähnlichen Stämme selbst führen als Handelsartikel die Namen Rotang, Spanisches Rohr, Pfefferrohr, Stuhlrohr, Rattan (engl.), Rottan, Rotting (holländ.) und werden für Möbel, Spazierstöcke und Flechtarbeiten verwertet. Von den etwa 200 Arten der Gattung *Calamus* zählt Schilling (632), S. 61 und 282, über 70 praktisch verwendete auf. — Watt (748); Cat. des col. fr., S. 81; Royle (598), S. 93; Öst. Monatsschrift für den Orient, IX, 1883, S. 112, 120, 124; Dodge (187); Heyne (364), I; Muller (529), S. 88; Winkler (776), S. 49; Semler (664), I, S. 714; Koernicke (418); Wiesner (771), II, 1918, S. 818. Anatomie: Wiesner (776); T. F. Hanausek (285).

Daemonorops spec. Malaiischer Archipel. Die Stämme (z. B. von *D. Forbesii* Becc., *D. hystrix* Mart., *D. mirabilis* Mart., *D. Rumphii* Mart. [Taumaterial liefernd] usw.) geben, wie die Calamus-Arten, Rotang für Flecht- und Bindezwecke. Eine ausführliche Liste praktisch verwerteter *Daemonorops*-Arten gibt Schilling (632), S. 92. — Heyne (364) I; Muller (529), S. 90; Ridley in Straits Bull. 1903, S. 127.

Caryota mitis Lour. Tockas, Rotan Tockas (malai.), Réunion, Malaynesien. Blattscheidenfaser, crin végétal z. T. Cat. des col. fr., S. 81.

C. Rumphiana Mart. Malaiischer Archipel. Blattstielfaser für feines Flechtwerk. — Heyne (364).

C. urens L. Kittool palm, jaggery palm (engl.), hill palm (Bombay), Kittool, Kitul (Singhal.), Mari (Hindu). Indien, Ceylon, Philippinen. Schwarze Blattscheidenfaser »Kitul fiber«, »Black fiber«, liefert »crin végétal« z. T. für Seile, Taue, Schnüre, Bürsten, Besen, Flechtwerk. — Royle (598), S. 99; Squier (679), S. 52; Dodge (187), S. 112. — Watt (748); Koop (420); Schilling (632), S. 67. Was im deutschen Handel unter dem Namen »Siamfaser« vorkommt und als Ersatz für Borsten Verwendung findet, scheint meist von *Caryota*-Faser abzustammen. Siehe auch Piassave, II, 38.

Arenga saccharifera Labill. (= *Gomutus saccharifera* Spr.) Gomutipalme, Sago palm of Malacca (engl.), Aren (Java), Gomuti (malaiisch). Inseln des indischen Meeres und Cochinchina, in den Tropen häufig kultiviert. Die roßhaarähnliche, schwarze, grobe Faser der Blattscheiden (crin végétal, Ejóo, Eju, dock, Idjuck, Idju, Gomuti, Gemoetifaser, Arenfaser, Arènvezel) für Polsterzwecke, Seilerei, Fackeln, Besen und Schreibfedern für arabische Schrift. Junge Blattscheidenfaser für Stricke, Angelgarne. Blattnerven für Flechtwaren (Matten), Besen, Mundtrompeten (Java). Aus den Wurzelfasern werden auf Celebes Mützen (»Oepia«) erzeugt. — Heyne (364); Dodge (187); Bull. Imp. (8) XV 1917, S. 488; Iterson (391), S. 47; Schilling (632), S. 35; Muller (529), S. 68; Squier (679), S. 48; Watt (749), S. 91; Royle (598), S. 92; Seemann (659).

Manicaria saccifera Gaertn. Bussu, tourloury, troolie palm (Caraïben). Zentralamerika, Guayana, Trinidad, Amazonas. Spathafasern für grobe Gewebe, Blätter zum Dachdecken. — Seemann (659); Dodge (187), S. 235; Beauverie (69), S. 651.

Leopoldinia piassaba Wall. u. *L. pulchra* Mart. siehe Piassave, II, 38.

Phloga polystachya Noronh. (= *Dypsis nodifera* Mart.), Madagaskar. Blätter zum Flechten der sehr leichten Maranahüte. — Perrot (543); Robinson (586), S. 108.

Oreodoxa regia H. B. K. Königspalme. Blätter für Flechtarbeiten. — Schilling (632), S. 201.

Roystonia borinquena O. F. Cook. Portorico. Grobe Blattfasern. — Serre (665).

Euterpe edulis Mart. Ostbrasilien. Blattfaser für Seilerwaren und ordinäre Gewebe. — Dodge (187); Seemann (659). *E. oleracea* Mart. Antillen, Brasilien, Peru. Blattfaser. Schilling (632), S. 111.

Oenocarpus bacaba Mart. Turu palm. Am Orinoco und Amazonas. Blattfasern piassaveähnlich. — Dodge (187).

Oe. bataua Mart. Patava palm, Bataua. Orinoco, Amazonas. Fasern auch für Schiffstaue. — Dodge (187).

Vonitra fibrosa Becc. (= *Dictyosperma fibrosum* Wright), *V. crinita* Jum. et Perr.

und *V. Thouarsiana* Becc. Siehe Piassave, II, 38.

Raphis flabelliformis L. fil. Réunion. Blattfaser, »crin végétal« z. T. — Cat. des col. fr., S. 81.

Mischophloeus vestiaria Merr. Celebes. Stammfaser für Seilerwaren; Faser junger Blätter dient als Spinnfaser für Kleidung, Bettbezüge. — Heyne (364).

Areca catechu L. Betelnußpalme. Malaiischer Archipel, Indien, Polynesien. Die Spatha (Hülle des Blütenstandes) und das faserige Perikarp als Papierrohstoff verwendbar. — Watt (748); Finsch (231).

Elaeis guineensis Jacq. Ölpalme, Oil palm. Westafrika, malaiischer Archipel, Westindien, Südamerika. Feste Blattfaser der jüngeren Blätter von den Eingeborenen zu Leinen und Fäden. Werg als Matratzenfüllung geeignet. Wollhaare »Upa«. Vétillard (735), S. 235; Dodge (187), S. 155; Winkler (776); Tropenpflanzer 1909, S. 342; Schilling (632), S. 104.

E. melanococca Gaertn. »Corozo«, »Caiaué«. Amerikanische Ölpalme. Blattfaser für Flechterei und Seilerei. — Schilling (632), S. 104.

Attalea funifera Mart. Siehe Piassave, II, 38.

A. cohune Mart. (Cohune, Manaca, Corozo in Guatemala) und *A. speciosa* Mart. (Urucuripalme in Brasilien). Blätter zum Dachdecken. — Schilling (632), S. 40.

Maximiliana regia. Brasilien. Blattfaser für Seilerei und Flechterei. — Schilling (632), S. 187.

Cocos nucifera L. Kokospalme. Siehe Coïr, II, 42.

C. crispa H. B. et K. Coroja palm. Zentralamerika, Kuba. Blattfasern. — Christy (151), S. 51—52; Dodge (187). Nach Schilling (632), S. 77, vielleicht mit *Acrocomia lasiospatha* verwechselt.

C. butyracea L. f. Nord- und Mittelamerika. Blattfaser für Seilerwaren und ordinäre Gewebe. — Dodge (187).

Diplothemium littorale Mart. Yatay-Pony. Argentinien. Blattfaser. — Schilling (632), S. 100.

Jubaea spectabilis H. Bonpl. Coquito, Palma de chile, Honigpalme. Chile. Stamm, Blätter, Fasern und Fruchtstengel Papierrohstoff. — Frommel (241); Winkler (776), S. 154; Schilling (632), S. 156.

Acrocomia lasiospatha Mart. Great macaw palm, Mucuja (brasil.). Brasilien, Westindien. Feine Blattfaser, auf Kuba »Pita de Corojo« genannt. — Morris (511).

A. sclerocarpa Mart. Groo groo (Westindien), macaw tree (engl.), macauba (brasil.). Brasilien, Westindien. Blattfaser. — Dodge (187); Tobler (703), S. 269; Simão da Costa (666).

A. totai Mart. Argentinien, Brasilien. Blattfaser, angeblich ausgezeichnet. — Dodge (187); Range (562).

Astrocaryum vulgare Mart. Tucumpalme, Chambira (brasilian.). Südamerika. Aus den jungen, unentwickelten Blättern wird die zur Verfertigung von ausgezeichneten Tauen dienliche Tuccumfaser gewonnen. Die feine, elastische, gelblichweiße Faser ist auch zur Verfertigung von Fischnetzen, Hängematten, Fächern und Hüten (»paya macora« oder »accora« genannt) geeignet. — Dodge (187); Seemann (659), S. 50; Beauverie (69), S. 650; Schilling (632), S. 40; (631), S. 241.

A. tucuma Mart. Tecumapalme, Tucuma grande. Brasilien. Die Blattfaser wird für Flechtarbeiten benutzt, doch auch für Seilerwaren und sogar für feine Gewebe geeignet. — Dodge (187); Schilling (632), S. 40.

A. ayri Mart. Brasilien. Blattfaser für feinere und gröbere Gespinste. »Tuccum«. — Dodge (187); Schilling (631), S. 241.

A. murumuru Wallace. Murumuru-Palme. Brasilien. Blattstiele als Flechtmaterial für Hüte und Körbe. — Dodge (187).

A. crispum. Kuba. »Corojafaser« für Bürsten.

A. acaule Mart. »Ju-Palme«, Brasilien. Blattstielfaser lokal Flechtmaterial. — Dodge (187); Schilling (632), S. 39.

Bactris setosa Mart. Tropisches Südamerika und Westindien. »Tecun« in Peru, »Tecum« in Brasilien genannt. Blattfaser sehr fest und für Seilerwaren und Hüte verwandt. — Schilling (631), S. 241; Dodge (187). Die Tucumfaser stammt also nicht bloß von *Astrocaryum* ab.

B. tomentosa Mart. Réunion. Blattscheidenfaser roßhaarähnlich, liefert Crin

végétal. — Höhnel (374); Beauverie (69), S. 648.

Bactris inundata Mart. Brasilien. Die Fasern der Spatha werden für Seilerwaren und Gewebe verwertet. — Beauverie (69), S. 651.

Nipa fructicans Thunb. Danny palm, Nipah palm. Indien, malaiischer Archipel. Blätter als Flechtmaterial, Dachbedeckung und Papiermaterial. Dünne Blattnerven für Besen. — Royle (598), S. 37; Watt (748); Heyne (364); Bull. Imp. (8), 1914, S. 42.

21. Cyclanthaceen.

Carludovica palmata Ruiz et Pav. Panamapalme. Panama screwpine (engl.), toquilla, raicilla, junco, hunco. Tropisches Amerika. Junge unentfaltete Blätter dienen als Flechtgut (bombanaje, bombanassa Panamastroh), zur Herstellung feiner Flechtarbeiten (Panamahüte aus Kolumbien, Ecuador [Jipijapahüte] und Peru [Catacaoshüte]). — Semler (664), III, S. 728; Beauverie (69), S. 651; Handb. d. Strohhutfabrik. (299), S. 75—84. Nach Watt (749) sollen die zerspaltenen Stengel von *Clinogyne dichotoma* Salisb., einer in Indien und im malaiischen Archipel heimischen Scitaminee, einen ausgezeichneten Ersatz für Panamastroh darstellen.

C. incisa Wendl. und *C. jamaiciensis* Lodd. auf Jamaika. Blätter für Hutflechterei. — Schilling (632), S. 67.

22. Araceen.

Colocasia indica Kunth (= *Caladium giganteum* Blume). Guayana. Fasern der Stengel dienen zur Papierbereitung. — Cat. des col. fr., 1867, S. 80. — Dodge (187), S. 102.

Typhonodorum madagascariensis Engl. Madagaskar. Faser der Blätter verwendet zur Herstellung von Fischernetzen usw. — Claverie (154); Beauverie (69), S. 599.

Amorphophallus giganteus Bl. Java, Sumatra. Aisslinger (48), S. 59, beschreibt javanische Bastfasern, deren Zugehörigkeit zu dieser Pflanze aber nicht ganz sicher ist.

Anthurium scandens (= *Pothos violaceus* Sw.). Jamaika. Blattstiele als Flechtmaterial (als Ersatz für italienisches Flechtstroh empfohlen). — Morris (513); Dodge (187).

Pothos hermaphroditus Merr. Malaiischer Archipel, Philippinen. Stengel für Bindezwecke. Luftwurzeln für Korbflechterei. — Heyne (364); Schilling (632), S. 223.

Montrichardia arborescens Schott. Nordbrasilien. Papierrohstoff. — Bull. Imp. (8), XVIII, 1920, 3, S. 323.

M. linifera (*Arruda*) Schott. (= *Arum liniferum*). Aninga, Aninga-yba, Amhinga. Tropisches Brasilien. Aningastammfaser für die Papierfabrikation geeignet. Als Spinnfaser wegen des kurzen Stapels wohl nicht geeignet. — Corrêa (159), S. 62; Journ. Soc. Dyers and Colourists, 1920, No. 5, S. 150; Tobler (697).

23. Flagellariaceen.

Flagellaria indica L. Stengel bei den Malaien für Bindezwecke, Rotangersatz. Blattfaser in Australien für Seilerei. — Maiden (470); Heyne (364).

24. Restionaceen.

Schoenodon chilense Desv. (= *Leptocarpus chilensis* Mast). »Canutillo«. In Chile faserliefernd. — Frommel (241); Schilling (632), S. 240.

25. Xyridaceen.

Xyris melanocephala Miq. Malaiischer Archipel. Stengel für grobe Flechtarbeiten (Matten) der Eingeborenen. — Teysmannia, 1895, S. 589.

26. Bromeliaceen.

Ananas sativus Schult. (= *Ananassa sativa* Lindl. = *A. Ananas* Cook et Coll. = *Bromelia Ananas* L.). Siehe Bromeliafasern, II, 34.

A. bracteatus Schult. = *Ananas sativus* Schult. *var. bracteatus* Lindl. = *Ananassa sagenaria* Schott = *Bromelia sagenaria* (Arruda). Gravatá de Rêde, Croa, Croata, Caraguata, Crauata. Brasilien. Blattfaser für Stricke, Angelschnüre usw. — Moeller, in Dinglers polytechn. Journ. (16) 231. Bd. (1881); Royle (598), S. 37; Semler (664), III, S. 707; Corrêa (159), S. 151—159.

A. macrodontes Morr. »Pita floja« in Britisch-Honduras. Kolumbien. Die von den Engländern vor einigen Jahren als »Arghan« in den Handel gebrachte Faser

soll die Blattfaser dieser Pflanze und für Mischgewebe, Seilerei, Bindfäden und Garne geeignet sein. — Iterson (393, 394); Tobler (703); Spinner und Weber, 1922, S. 4; J. R. Soc. Arts, 70, 1922, 3652, S. 877; W. Müller in »Der Deutsche Leinenindustrielle«, 1923, S. 103 und 445; Range (562); Faserforschung 5, 1926, S. 259.

Bromelia karatas L. (= *Br. acanga* L. [p.p.] = *Karatas Plumieri* E. Morren). Siehe Bromeliafasern, II, 34.

B. silvestris Wild. ex Sims. Siehe Bromeliafasern, II, 34.

B. pinguin L. Zentralamerika, Westindien, besonders Jamaika. Gefäßbündel der Blätter (»Pinguinfaser«; in Yukatan = »Chom«). — Squier (679), S. 40; Royle (598), S. 37; Ernst (218), S. 414; Iterson (393). Siehe auch Bromeliafasern, II, 34.

B. pigna Perotte. Philippinen. Gefäßbündel der Blätter, »Pina«. Faser soll zur Herstellung batistartiger Gewebe (»Philippinenbatist«) geeignet sein. — Royle (598), S. 39. Siehe auch unter Bromeliafasern, II, 34.

B. argentina Baker. Argentinien. Liefert »Caraguata fibre« (zum Teil) für grobe Seile, Säcke, für Papiererzeugung geeignet. — Kew Bull. 1891; Dodge (187).

B. Magdalenae C. H. Wright. Kolumbien. Liefert »Pitafibre«. — Bull. Imp. (8), 1923, S. 642.

Neoglaziovia variegata Mez (= *Dyckia Glaziovii* Bak.). Echte Caroá [Corrêa (159), S. 6 ff.]; Caroá verdadeiro (brasilianisch). Brasilien, Argentinien. Blattfaser von den Eingeborenen zu Netzen, Stricken, Angelschnüren verwandt und zur Zellulosegewinnung für die Erzeugung von Papier, Viskose oder Kunstseide gut geeignet. — Tobler (702).

Billbergia speciosa Thunbg. Südamerika. Die Blätter sollen einen Teil der Coroáfaser liefern. — Corrêa (159), S. 153; Tobler (702).

B. variegata Morr. Blattfaser. — Royle (598), S. 37; Semler (664), III, S. 707.

Greigia Landbecki Phil. »Nocha«. Chile. Blattfaser. — Frommel (241).

Tillandsia usneoides L. Siehe Tillandsiafaser, II, 41.

T. flavescens Mart. et Gall. Siehe Tillandsiafaser, II, 41.

T. recurvata L. Siehe Tillandsiafaser, II, 41.

Puya coarctata Gay (= *Pourretia coarctata* Ruiz. et Pav.). Cardon, Maguy, Chagual (Chile). Küste von Chile. Blattfaser sehr geeignet für Fischnetze und Stricke. — Frommel (241); Leybold, Ztschr. österr. Apothekervereins, 1879, S. 272.

27. Pontederiaceen.

Eichhornia crassipes Solms (= *E. speciosa* Kunth). Luc-binh, Trakiet. Wasserpflanze in Ostasien, Indochina, auf Java, den Philippinen usw. Die Blattstielfaser soll für Seile, Matten, Gewebe (Säcke) geeignet sein. Neuere Urteile stellen den Wert der Faser als sehr zweifelhaft hin. Die Blattstiele wurden für die Papierfabrikation empfohlen, doch sollen sie nur 21—25% Zellulosegehalt aufweisen. — Tropenpflanzer (15) 1913, S. 107; Beauverie (69), S. 522; Seilerzeitung, 1913, S. 268; Schilling (632), S. 103.

E. azurea Kunth. »Agua Pè«. Brasilien. Wie vorhergehende Art zur Papierfabrikation vorgeschlagen. — Schilling (632), S. 103.

28. Philydraceen.

Philydrum lanuginosum Banks. Indien, Malaynesien, Australien. Faserbündel. — Auf Prince of Wales Island als Weiberschurz verwertet. — Finsch (231), S. 349; Maiden (470); Schilling (632), S. 214.

29. Juncaceen.

Juncus effusus L. Flatterbinse. In Japan werden aus den Halmen feine, von den vornehmeren Gesellschaftsschichten gebrauchte Matten (»Tatami-omote«) geflochten. Auch auf den Philippinen werden aus diesem Material feine Flechtbänder erzeugt. [Muller (529), S. 60.] Bei uns für diesen Zweck wohl noch nicht im Gebrauch, doch neben *J. Leersii* Marsson und *J. maritimus* Lamk. zur Gewinnung einer angeblich hochwertigen Spinnfaser vorgeschlagen. Aus dem Stengelmark von Juncusarten wurden früher Lampendochte hergestellt. Böhmer (94), II, S. 493.

J. pauciflorus R. Br. (= *J. vaginatus* R. Br.) und *J. pallidus* R. Br. Australien. Sollen als Papierrohstoff geeignet sein. — Christy (151), S. 45.

Marsippospermum grandiflorum Hook.

Chile, Feuerland. Stengel als Flecht- und Bindematerial. — Frommel (241).

Prionium palmita E. Mey. Palmet, Palmite (engl.). Südostafrika. Faser für Seilerwaren und Bürsten; Blätter für Flechtwaren. — Dodge (187).

30. Liliaceen.

Aloe vera L. (= *A. barbadensis* Mill. = *A. indica* Royle). Trop. Afrika, Indien. Blattfaser. — Royle (598), S. 51.

A. angustifolia L. Kultiviert in Indien. Blattfaser. — Royle (598), S. 53.

A. dichotoma L. f. Kokosboom (holländ.). Für Papierfabrikation vorgeschlagen. — Bull. Imp. Inst. London (8) 1920, S. 323.

A. Lugardiana Baker. Bechuanaland. Blattfaser für Seilerei. — Bull. Imp. (8) 1914, S. 41.

A. perfoliata Thbg. Siehe Aloefaser, II, 33.

Yucca filamentosa L. Fadentragende Palmlilie; Adam's needle, bear grass, Eve's thread (englisch). Südliche Staaten von Nordamerika. Blattfaser zu Seilerwaren, Matten und groben Gespinsten. In Virginien wurden seinerzeit auch feinere Fasern für ein leinwandartiges Gewebe gewonnen. Seitdem aber die Einwohner Virginiens mit europäischen Geweben bekannt wurden, hat die Kunst, die Yukkafasern (Gefäßbündel) zu verspinnen und zu verweben, ihr Ende gefunden. Faser aber auch für Papierfabrikation geeignet. Nach Semler (664) III, S. 730, der erwähnt, daß das »Holz« auch zur Papierfabrikation verwendet wird, wäre anzunehmen, daß auch die Gefäßbündel des Stammes einzelner Yucca-Arten als Papierrohstoff Verwendung finden. Kulturversuche in Deutschland waren ohne praktischen Erfolg. — Lit. Boehmer (94), I, S. 543; Kalm, Reisebeschreibungen I, S. 494; Catal. des col. franç. (147), S. 79; Schwede (646); Dodge (187), S. 332; Beauverie (69), S. 519; Zillig (786).

Y. aloefolia L. Dagger plant (Westindien); Spanish needle (Trinidad); Ysote (Mexiko). Adam Karolina, Westindien, Mexiko. Blattfasern für Seilerwaren, angeblich wenig genützt. — Cat. des col. fr., S. 79; Dodge (187); Schilling (632), S. 278.

Y. australis (Engelm.) Trelease. Palma loca (mexikan.); Izote, Izotl (aztekisch). Blattfasern »Ixtle de Palma« für grobe Gewebe (Packtücher, Säcke usw.). Blattstreifen wie Bast zum Binden und Flechten gebraucht. Stammgefäßbündel für Papierfabrikation. — Endlich (210), S. 255.

Y. glauca (Nutt.) in Fras. (= *Y. angustifolia* Pursh). Vereinigte Staaten von Nordamerika; kultiviert in Indien. Blattfaser für Seilerei und Flechtwaren. Soll die weicheste der Yukkufasern sein. — Royle (598), S. 56; Schilling (632), S. 279.

Y. gloriosa L. Südliche Staaten von Nordamerika. Blattfaser. — Dodge (187); Cat. des col. franç. (147) 1867, S. 79.

Y. Treculeana Carrière. Izote (Süd-Mexiko), Palma pita. Texas, Mexiko. Blattfaser »Ixtle de Palma pita« oder »Ixtle commun«. — Endlich (210), S. 256; Beauverie (69), S. 520.

Y. baccata Torr. Kalifornien, Texas, Colorado. Feste, dauerhafte Blattfaser für Seilerwaren, Netze, Schnüre, Bürsten und auch (Arizona) für Flechtarbeiten. — Dodge (187), S. 332.

Y. elephantipes Regel. Blattfaser fein, weiß, aber aus frischen Blättern nicht leicht zu gewinnen. — Endlich (210), S. 259. Blattstreifen für Bindezwecke.

Y. rostrata Engelm. Mexiko. Blattfaser für Flechterei und Seilerei. — Endlich (210), S. 261.

Y. Schottii Jaliscensis Trel. Mexiko. Blattfasern wenig benutzt. Blattstreifen für Bindezwecke. — Endlich (210), S. 258. Ähnliche Verwendung findet *Y. valida* Brandegee.

Samuela carnerosana Trelease. Palma samandoca, palma de la paila, zuweilen auch Zamandoque. Mexiko. Blattfaser liefert die Hauptmasse des mexikanischen Palma ixtli (istle), Palma blanca, Palmahanf. — Endlich (210), S. 248; Beauverie (69), S. 520.

Xerophyllum tenax Nutt. Britisch Kolumbien. Blätter für Flechtwaren verwendet. — Dodge (187).

Chlorogalum pomeridianum Kunth. Kalifornien. Faser der großen Zwiebeldecken soll für Matratzen, Kissen gebraucht werden. — Mueller (521); Dodge (187).

Dianella elegans Kunth. Australien, Tasmanien. Feste Blattfaser. — Christy (151), S. 43; Dodge (187), S. 150.

Dianella caerulea Sims. Australien. Brauchbare Blattfaser. — Dodge (187), S. 150. Vielleicht mit vorhergehender Art zusammenfallend.

D. laevis R. Br. »Flax lily«. Australien. Blattfaser. — Maiden (470); Dodge (187).

D. revoluta R. Br. (= *D. longifolia* R. Br.). Blattfaser. Früher für Flechtereien verwandt. — Christy (151), S. 43; Dodge (187), S. 98; Schilling (632), S. 98.

D. tasmanica Hook. f. »Broad-leaved flax lily«. Australien. Blattfaser. Soll auch als Papierrohstoff geeignet sein. — Schilling (632), S. 98.

Phormium tenax L. Siehe Neuseeländischer Flachs, II, 32.

Kniphofia aloides Mönch. (= *Tritoma uvaria* [L.] Gawl.). Cap der guten Hoffnung. Die Blattfaser dieser Art und von *K. glauca* Hort. (= *Tritoma recurvata* Hort.) soll fest und fein sein, doch über die Anwendung ist aus der Literatur nichts zu ersehen. — Dodge (187), S. 318; Christy (151), S. 44; Schilling (632), S. 163.

Lomandra longifolia R. Br. »Tussock grass«. Australien. Wird als Ersatz für Esparto genannt. — Morris, E. (515).

Xerotes longifolia R. Br. Tussock grass. Australien. Halme für Flechtereien. Angeblicher Espartoersatz. — Roth (592); Maiden (470).

X. multiflora R. Br. Neusüdwales. Halme für Flechtarbeiten. — Roth (592); Dodge (187).

Lilium bulbiferum L. Feuerlilie. Von Boehmer (94), I, S. 536, als Faserpflanze genannt, doch praktisch bedeutungslos.

Scilla rigidifolia Kunth. Südafrika. Die Blätter können vielleicht als Papierrohstoff verwandt werden. — Bull. Imp. (8), XII, 1914, S. 44.

Hesperaloe funifera Trelease (= *Yucca funifera*). Zamandoque. Bräunliche oder weiße Blattfaser (auch Samandocafaser genannt), feiner und biegsamer als Palmaixtle. — Schilling (632), S. 140.

Nolina Lindheimeriana S. Wats. Mexiko. *N. microcarpa* S. Wats. (Arizona) und *N. texana* (Texas). Blätter für Flechtwaren und Besen. — Dodge (187).

Dasylirion glaucophyllum Hook. Mexiko. Gute Blattfaser. — Christy (151), S. 43.

D. texanum Scheele. Mexiko, Texas. Kurze, grobe Blattfaser, für Flechterei verwandt. — Dodge (187).

D. graminifolium Zucc. Texas. Blattfaser ixtleähnlich. — Dodge (187).

Cordyline indivisa Steud. Tall palm lily, cabbage tree (Australien). Neuseeland, Südsee. Blattfaser und Blattstreifen für Flechtarbeiten. — Hamilton (278); Dodge (187); Schilling (632), S. 82.

C. australis Hook. fil. (= *C. Veitchii* Regel). Forsters palm lily, cabbage tree. Australien. Blattfaser. — Dodge (187); Bull. Imp. (8), XI, 1913, S. 67.

C. Banksii Hook. fil. Neuseeland. Blattfaser für Seilerei, Flechtwaren und Papiererzeugung. — Dodge (187).

C. Baueri Hook. fil. und *C. stricta* Endl. Australien. Blattfaser. — Schilling (632), S. 82.

C. hyacinthoides. Salvador. Blattfaser. — Guzmán (269).

C. terminalis Kunth. Australien bis Ostindien. Blattfaser. In Niederländisch-Indien nicht angewandt. — Heyne (364).

C. dracaenoides Kth. Argentinien. Blattfaser. Bertoni y Jiménez (86a).

Taetsia terminalis. Salvador. Soll Blattfaser liefern. — Guzmán (269).

Dracaena draco L. Drachenblutbaum. Kanarische Inseln, Westafrika, auch Australien (kultiviert). Blattfaser fest, weiß und glänzend. Für Flechtwaren verwandt. — Dodge (187), S. 153; Christy (151), S. 43; Perrot (543).

D. papahu Engl. Ostafrika. Blattmittelrippen für Flechtwaren. — Engler (212).

Astelia trinervia Kirk. Kauriegras. Sehr gemein in Neuseeland, desgleichen *A. Solandri* Cunn., von den Kolonisten »Baumflachs« genannt, beide zur Fasergewinnung sehr geeignet. Zähe Blattfaser, von den Maori für Schneesandalen verwandt. Blattfilzhaare von *A. solandri* von den Eingeborenen für Haarschmuck benutzt. — F. Kirk, Ausland 1875; Hamilton (278).

A. Banksii Cunn. Neuseeland. Blattfaser für Seile und zur Papierbereitung. — Dodge (187), S. 73.

Asparagus officinalis L. Spargel. Als Spinn- und Flechtfaser empfohlen, doch bedeutungslos. — Schürhoff (639), S. 106; Deutsche Faserstoffe 1921, S. 107.

Polygonatum multiflorum (L.) Allioni. Weißwurz, Salomonsiegel. Soll früher faserliefernd gewesen sein. — Schilling (632), S. 222; Dodge (187), S. 273.

Sansevieria ceylanica Willd.
S. guineensis Willd.
S. Kirkii Bak.
S. longiflora Sims.
S. Roxburghiana Schult. fil.
S. cylindrica Boj.
S. Ehrenbergii Schweinf.
S. Perottii Warb.

} Siehe Sansevieriafaser, B, II, 31.

S. thyrsiflora Thunbg., *S. subspicata* Bak., *S. nilotica* Bak., *S. senegambensis* Bak., *S. Volkensii* Gürke. Die Blätter aller dieser afrikanischen Sansevieria-Arten liefern Fasern. Die zuletzt am Kongo entdeckte *S. Laurentii* E. de Wild. soll eine ebenso gute Faser wie *S. guineensis* liefern. — S. Gürke in Engler (212), A, S. 364, und B, Nutzpflanzen, S. 359 ff.; Preyer, Axel (555); Wildeman (775); Ridley (583); Beauverie (69), S. 523—536; Godefroy-Lebeuf (254). Außer den aufgezählten Arten sind in Afrika noch zu finden: *S. bracteata* Bak., *S. Schimperii* Bak., *S. Stuckyi* God. Leb., *S. andradae*, *S. zanzibarica* Gérome et Labroy, *S. arborescens* Cornu, *S. liberica* Gér. et Labr., *S. fasciata* Cornu, *S. grandis* Hook., *S. Aubryana* Corr. Über die Faser dieser Arten liegen noch keine Nachrichten vor.

Aletris nervosa Roxb. Indien. Blattfaser. — Royle (598), S. 53; Cat. des col. fr. (147), S. 79.

A. guineensis L. Westliches Afrika. Blattfasern zu Tauwerk. — Adanson. Senegal-Reise, S. 131; Boehmer (94), S. 528. *A. guineensis* gilt als Synonym von *Sansevieria guineensis*.

Luzuriaga radicans R. et Pav. (= *Enargea radicans* F. v. Müll.). In Chile zur Fasergewinnung verwandt. — Frommel (241).

Smilax australis R. Br. Stengel von den Malaien als Rotangersatz bei Flechtereien benutzt. Desgleichen *S. leucophylla* Bl. — Heyne (364).

31. Haemodoraceen.

Haemodorum coccineum R. Br. Queensland. Blattstreifen für Flechtereien. — Roth (592).

32. Amaryllidaceen.

Agave aboriginum W. Trel.
A. americana L.
A. aurea Brandegee.
A. cantala Roxb. (Hort. Beng. 25) = *A. cantula* Roxb. (Flor. Ind. II, S. 168) = *vivipara* Dabz et Gibs, non L. = *americana* Blanco = *Fourcraea cantala* Haw.
A. cocui Trelease
A. decipiens Baker
A. Deveyana Trelease
A. Endlichiana Trelease
A. diacantha L.
A. falcata Engelm.
A. filifera Salm-Dyck
A. fourcroydes Lemaire. = *A. rigida* Hemsley = *elongata* Jacobi = *rigida longifolia* Engelm. = *rigida elongata* Bak.
A. Funkiana Koch et Bouché = *A. lophanta* Jacobi
A. heteracantha Zucc.
A. Lespinassei Trelease
A. lophanta Schiede = *A. Lecheguilla* Torr.
A. mexicana Lam. (= *A. lurida* Ait.?)
A. rigida Mill. = *A. ixtli* Karwinski
A. sisalana Perrine = *A. rigida* Mill. *var. sisalana* Engelm.
A. striata Zuccar.
A. Tequilana Trelease
A. yuccaefolia DC.
A. zapupe Trelease

} Siehe Agavefasern (Sisal, Henequen, Pite, Ixtle usw., B, II, 28).

A. applanata. Mexiko. Faser für den Hausbedarf. — Endlich (210), S. 279. Desgleichen *A. deserti* Engelm. und *A. scabra* Salm.

A. geminifera Ker-Gawl. Mexiko? Weiche, von den Eingeborenen benutzte Blattfaser. — Endlich (210); Rose (590).

A. Inghami Versch. Mexiko. Steife, rauhe Blattfaser wie von *A. victoriae-reginae*. T. Moore für Bürsten. — Dodge (187); Endlich (210); Schilling (632), S. 21.

A. angustifolia Haw. (= *A. Wightii* Drumm. et Prain). Nanas domba (Java). Java, wild und kultiviert. Gute Blattfaser, von den Eingeborenen in Semarang gewonnen und auch exportiert. — Heyne (364).

Fourcroya gigantea Vert. = *F. foetida*. Siehe Mauritiushanf, B, II, 30.

F. cubensis Jacq. Kubahanf; silk grass, langue boeuf. Westindien. Liefert die Blattfaser »Cajun«, für Seilerei verwandt. Über die beiden genannten Fourcroya-Arten und über *F. longaeva* Karw. et Zucc. siehe Seckt (656a); Dodge (187); Bull. Imp. Inst. (8) VIII, 1910, 265—273; Tropenpflanzer (15) 1900, 401.

F. tuberosa Ait. »Cabulla«. Costa Rica. Soll Faser liefern. — Dodge (187); Schilling (632), S. 119.

Doryanthes excelsa Corr. Giant lily, spear lily. Australien. Blattfaser für Seilerei, Bürsten, Matten und als Papierrohstoff. — Dodge (187), S. 152; Maiden (470). Eine ähnliche Faser sollen *D. Guilfoylei* F. M. Bailey und *D. Palmeri* Hill. liefern. — Schilling (632), S. 102.

Curculigo latifolia Dryand. Malaiischer Archipel, Indien, Südafrika. In Borneo wird von den Eingeborenen aus den Blättern eine Spinnfaser für Gewebe, Seile, Säcke gewonnen. — W. T. Thiselton Dyer in Journ. of Botany, IX, 1880, S. 219; Heyne (364), I, 1922, N. Abdr.; Ridley (583); Tobler (705).

C. seychellensis Baker. Blattfaser soll auf den Seychellen benutzt werden.

C. recurvata Dryand. Java, Philippinen. Blattfaser soll wie die von *C. latifolia* benutzt werden. Auf den Philippinen von den Eingeborenen als falsche Haare benutzt. — Heyne (364); Ridley (583); Philipp. Bur. For. Bull. 1919, Nr. 19; Schilling (632), S. 88. Die Arghanfaser ist mit dieser Faser nicht identisch. Tobler (705).

Buphane disticha Herb. (= *B. toxicaria* Herb.). Südafrika. Die Zwiebel liefert eine praktisch benutzte Faser. — Dodge (187); Beauverie (69), S. 573; Bull. Imp. Inst. (8), 1907, S. 439.

33. Taccaceen.

Tacca pinnatifida Forst. Pia (Tahiti), Oewoeg (Java), Dhai, Diwa, Kanda (ind.). Ostindien, Südseeinseln, Ostafrika. Helle, glänzende, feine Blattstiel- und Blütenstielfasern für Hutflechterei. — Dodge (187); Heyne (364); Moeller (504); Perrot (543); Zimmermann im Pflanzer 1905, S. 112—116; Schilling (632), S. 254.

34. Iridaceen.

Iris macrosiphon Torr. Kalifornien. Blattfaser für Seilerwaren und grobe Netze viel benutzt. — Dodge (187), S. 203.

I. pseud-acorus L. Wasserschwertlilie. Blattfaser als Papierrohstoff erfolglos in Vorschlag gebracht. — Dodge (187), S. 203; Diels (180), S. 347.

35. Musaceen.

Musa textilis Luis Née (= *M. mindanensis* Rumph.). *M. paradisiaca* L. *M. Cavendishi* Paxt. *M. sapientum* L. *M. basjoo* Sieb. et Zucc. — S. Musafasern (Manilahanf), B, II, 29.

M. ensete Gm. Afrika. Hier zur Abscheidung einer der Platainfibre ähnlichen Faser benutzt. Gefäßbündel des Scheinstammes.

M. Holstii K. Schum. Tropisches Ostafrika. Siehe Manilahanf, II, 29.

M. proboscidea Oliver (Trop. Ostafrika) und *M. Schweinfurthii* K. Sch. et Warb. (Zentralafrika). — Faseranatomie bei Claverie (155).

M. tikap Warb. Wilde Bastbanane der Karolinen. Warburg in Tropenpflanzer (15) 1903, S. 34—37 und 1904, S. 116—119.

M. ulugurensis Warb. et Mor. Bastbanane. Ostafrika. — Tropenpflanzer (15) VIII, 1904, S. 109. Siehe Musafasern (Manilahanf), B, II, 29.

Ravenala madagascariensis Sonn. Mangara, Ravin-ala, travellers tree. Madagaskar. Zerspaltene Blattstiele und Rippen für Flechtereien, Blätter als Dach- und Verpackungsmaterial. — Perrot (543).

R. guianensis (L. C. Rich.) Benth. Brasilien, Guayana. Blätter für Bedachung und Verpackung. — Schilling (632), S. 228.

Heliconia bihai L. (= *H. caraibaea* Lam.). Balisier (Antillen); Balisier bihai (Guadeloupe), Mittelamerika, Peru, Brasilien, Polynesien. Gefäßbündel des Scheinstammes geben grobe Fasern. Flechtwaren. — Dodge (187); Cat. des col. fr. (147), 1867, S. 79 u. 1873, S. 14.

36. Zingiberaceen.

Curcuma longa L. Indien. Fasern des Mittelnervs der Blätter. Cat. des col. fr. (147), 1867, S. 89. — Dodge (187), S. 143; Savorgnan (613).

Amomum magnificum Benth. et Hook f. Mauritius. Blattfaser sehr fein und auf Mauritius für Luxusgewebe verwertet. — Dodge (187).

Alpinia nutans Roscoe. Auf Formosa und Liukiu. Fasern der Blattscheide für Seilerwaren. Auch als Papierrohstoff angeführt. — Saito (610); Kew Bull. (7) 1912, Nr. 9, S. 377 und 396.

A. hemisphaerica D. Dietr. (= *Amomum hemisphaericum* K. Schum.). Als Papierrohstoff angeführt. Kew Bull. (7) 1912, Nr. 9, S. 377 u. 396.

A. crocydocalyx K. Schum. Borneo. Blattstielfaser für Matten. — Beccari (72).

Achasma megalocheilos Griff. Java. Als Papierrohstoff genannt. — Heyne (364), I.

Nicolaia speciosa Horan. (= *Eletteria speciosa* Bl.). Stengel für Flechtereien. — Heyne (364).

Hedychium coronarium Koen. (= *Kaempferia hedichium* Lam.). Ginger lily. In Indien heimisch, in den Tropen verbreitet. Fasern werden als aussichtsreiche Papierfaser bezeichnet. — Corrêa (159), S. 49 und 239; Tropenpflanzer (15) 1914, S. 447.

37. Marantaceen.

Phrynium capitatum Willd. Blätter auf Java als Packpapierersatz. — Heyne (364).

Ph. dichotomum Roxb. Indien. Gefäßbündel des Stammes. — Royle (598), S. 60.

Ischnosiphon arouma Koern. »Arouma«. Westindien. Zerspaltene Stengel für Flechtarbeiten. Gleiche Verwendung finden *I. obliquus* Koern. u. *I. plurispicatus* Koern. — Dodge (187), S. 203.

Donax canniformis K. Schum. Malaischer Archipel u. Philippinen. Zerspaltene Stengel als Flechtmaterial. Ebenso *D. arundastrum* Lour. — Robinson (586); Heyne (364).

38. Orchidaceen.

Dendrobium utile J. J. Sm. Die zerspaltenen Stengel dieser Baumorchidee werden als wertvolles Material für feine Flechtwaren verwandt. — Heyne (364), I.

Spathoglottis plicata Bl. Java. Die Blätter dienen als Packmaterial. — Heyne (364).

39. Salicaceen.

Die Samenwolle der Pappeln und Weiden (z. B. der *Salix pentandra* L., der man auch den Namen Baumwollweide gab, u. a. m.) hat man als Gespinstfaser statt Baumwolle und zur Papierbereitung in Vorschlag gebracht. Die Versuche haben kein befriedigendes Resultat ergeben, da diese Haare nur eine geringe Länge und eine ungenügende Zug- und Drehfestigkeit aufweisen. Die Weiden- und die Pappelwolle sind (ebenso wie die Wollgrashaare, Weidenröschenwolle, Rohrkolbenwolle) höchstens als Stopfmaterial zu verwerten und stellen auch in dieser Hinsicht nur einen notdürftigen Ersatz für die besseren Polstermaterialien (wie Kapok, Akon) dar. Über die Mikroskopie der Weidenwolle siehe A. Herzog (334), Taf. VIII, Abb. 39, über die Wolle von *Populus nigra* siehe Höhnel (374), S. 40. Über die Verwendung siehe Boehmer (94), I, S. 573 und Beckmann (74); Sellergren (663). Über die Bastfasern der Weiden siehe Weidenfasern, B, II, 11.

Die geschälten oder ungeschälten Ruten zahlreicher Weiden (*Salix purpurea* L., *S. triandra* L., *S. alba* L., *S. babylonica* L., *S. caprea* L., *S. fragilis* L., *S. viminalis;* dann in Nordamerika *S. cordata* Muhl., *S. laevigata* Bebb., *S. lasiandra* Benth., *S. lasiolepis* Benth., *S. rubra* Hudson, *S. sericea* Muhl., *S. sessiliflora* Nutt. und *S. tetrasperma*) werden zur Herstellung von Flechtwaren (Körbe, Möbel usw.) im großen Maßstab herangezogen. Ulbrich (728a); Seckt (656a). Das Holz wird als Papierrohstoff verwertet.

Populus canadensis Moench. (= *P. molinifera* Ait. = *P. deltoidea* Marshall.) Nordamerika. Bastfaser am Colorado River für Stricke, Schnüre, Matten, Sandalen. Holz für Papierfabrikation. — Dodge (187); Lightfoot (461).

P. trichocarpa Torr. et Gray. Black cotton wood. Nordamerika. Bastfaser in Kalifornien für Flechtwaren (Hüte, Körbe). Schilling (632), S. 223.

P. tremula L. Espe, Aspe, Zitterpappel. Holz für Papierfabrikation sehr gut geeignet; dünne Holzspäne für Sparterie. Die Rinde wurde auch zur Fasergewinnung vorgeschlagen. — Schilling (632), S. 222. Für die Papierfabrikation eignet

sich auch das Holz von *Populus alba* L., *P. ciliata* Wall., *P. nigra* und *P. tremuloides* Mchx. (Nordamerika).

40. Betulaceen.

Alnus nitida Endl. Indien. Junge Zweige für grobe Flechtwaren. — Watt (748, 749); Dodge (187).

A. rotundifolia (= *A. glutinosa* Gaertn.). Schwarzerle (Europa) und *A. rubra* Bang (Nordamerika) für Papierfabrikation. — T. F. Hanausek in Papierfabrikant (13), Festheft 1913. — Herzog (334), Phot. 187.

Corylus californica Hort. ex C. Koch. Oregon, Kalifornien. Junge Zweige für Flechtwaren. — Dodge (187).

Betula bhojpattra Wall. (= *B. utilis* D. Don.). Indian paper birch (engl.), Bhujpattra (Hindu). Das Periderm diente bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts in Kashmir als Beschreibstoff. Siehe Geschichtliches bezüglich des Papieres. Periderm dient auch als Packpapier, zu Regenschirmen usw. — Watt (748); Hoernle (380).

B. acuminata Wall. (= *B. alnoides* Buch.-Ham.). Himalaja. Rinde manchmal als Papierersatz. — Watt (748).

B. papyracea Ait. (= *B. papyrifera* Michx.). Paper birch, Canoe birch. Holz für Papierfabrikation. — Dodge (187); T. F. Hanausek (292).

41. Fagaceen.

Fagus ferruginea Ait. (= *F. atropunicea* Sudw.) Amerikanische Rotbuche. Nordostamerika. Holz für Papierfabrikation. — T. F. Hanausek in Papierfabrikant (13), 1914.

F. silvatica L. Rotbuche. Holz für Holzwolle und für Papierfabrikation. — Höhnel (377); Herzog (334), Phot. 192.

Castanea vesca Gaertn. Echte Kastanie. Das Holz wird nach Benutzung als Gerbmaterial als Papierrohstoff noch verwertet. — T. F. Hanausek (292).

42. Ulmaceen.

Holoptelea integrifolia Planch. Siehe bei Bastarten, B, II, 24.

Celtis australis L. (= *C. caucasica* Willd.). Zürgelbaum. Mittelmeerländer, Kaukasien. Bastfaser für Seilerei. — Dodge (187).

C. sinensis Pers. Auf den Molukken geklopfter Rindenbast für kleinere Kleidungsstücke. — Clercq (156).

C. tetrandra Roxb. (= *C. Roxburghii* Planch.). Indien. Soll Bastfaser liefern. — Wiesner (761), S. 5.

Trema orientalis Bl. (= *Trema Wightii* Bl. = *Sponia Wightii* Planch. = *Celtis orientalis* L.). Siehe unten unter Bastarten, B, II, 27.

T. cannabina Lour. Australien, Südseeinseln. Bast für Stricke, Schnüre u. dergl. (Samoa). — Finsch (231).

T. micrantha (Sw.). Argentinien. Rindenbastfasern. Seckt (656a).

Ulmus montana With. var. *laciniata* Trautv. In Japan als Gespinstfaser für Gewebe. Auch wie Lindenbast benutzt. — Saito (610), S. 413; Reimers (569), S. 214; Tropenpflanzer (15), 1901, S. 229.

U. Wallichii Planch. Nordwestindien. Bastfaser für Seilerei und Flechtwaren. — Watt (748).

U. campestris L. Feldulme, Rüster. Gemäßigte Zonen. Bast für Bindezwecke geeignet, angeblich auch für Seilerei. — Savorgnan (613).

43. Moraceen.

Broussonetia papyrifera L'Hérit. Siehe Papierfasern, B, II, 46.

B. Kaempferi Sieb. et Zuccar. Japan. Liefert eine ähnliche, in gleicher Weise benutzte Faser wie vorige Art. — T. F. Hanausek (285), S. 86; Groud (262); Österr. Monatschr. f. d. Orient, **1881**, 128.

B. Kasinoki Sieb. Japan. Liefert daselbst die Bastfaser »Kozo« für Papiere. — Saito (610), S. 413, 426; Groud (262), Ohara (535 b).

Morus alba L. Weißer Maulbeerbaum. Die Rinde liefert brauchbare Bastfaser für Papiere und Spinnzwecke. — Schilling (626); Dantzer (167); Groud (262), S. 4; Savorgnan (613); Auer (59); Beauverie (69), S. 173; Reimers (569), S. 224; Seckt (656a).

M. nigra L. Schwarzer Maulbeerbaum. Die Rinde soll wie die von *M. alba* praktisch verwertet werden.

M. rubra L. Roter Maulbeerbaum. Nordamerika. Bastfasern für Stricke, Gewebe (aus jungen Trieben), Matten, Körbe. — Dodge (187).

Morus indica L. Indien, Ostasien. Bastfasern für Papiererzeugung. — Schilling (632), S. 192.

Streblus asper Lour. Seroet (Java); Kolosa (Celebes); Ton Khoi (Siam). In Siam wird der Bast zur Papierbereitung benutzt. — Thyselton Dyer in Kew Bull. (7), 1888; Watt (749), S. 868; Wiesner (767); Dodge (187).

Ficus benghalensis L. (= *Urostigma benghalense* Gasp.). Indien. Bastfaser der Rinde und Luftwurzeln für grobe Seile. Auf Tahiti wird die Rinde für Kapa (Rindenstoffe) benutzt. »Wad«. — Wiesner (761), S. 3; Watt (748); Eeden (203); Brigham (95).

F. retusa (= *Urostigma retusum* Miq.). Indien. Bast. »Nandrukh«. — Wiesner (761), S. 3.

F. religiosa L. (= *F. indica* L. = *Urostigma religiosum* Miq.). Indien. »Pimpal«. Bastfaser für Seilerei und Papierfabrikation. — Selleger (661); Watt (748); Wiesner (761), S. 5.

F. infectoria Roxb. (= *Urostigma infectoria* Miq.). »Kahimal«, »Pakri«, »Kel«. Bastfaser für Seilerei; früher auch für Kleidung auf Celebes verwandt. — Wiesner (761), S. 5; Heyne (364), II, S. 68; Watt (748).

F. pseudo-tjela (= *Urostigma pseudotjela* Miq.). »Pâyar«. Bastfaser. — Wiesner (761), S. 5.

F. annulata Bl. (= *Urostigma biverrucellum* Gasp.). Sumatra. Bastfaser für Seilerei. — Eeden (203); Heyne (364), II, S. 62.

F. cestrifolia Schott. (= *Urostigma cestrifolium*). Südamerika. Holz für Papiererzeugung genannt. — Groud (261).

F. Schimperi (Miq.) A. Rich. (= *Urostigma Schimperi* Miq. = *Ficus chlamydodora* Warb. = *F. rokko* Warb. et Schweinf. = *F. mabifolia* Warb. = *F. Goetzei* Warb. = *F. Hochstetteri* A. Rich.). Tropisches Afrika. Die Bastfasern liefern den in Uganda »bugu« genannten, früher vielseitig verwandten Rindenstoff. — Brigham (95); Schilling (632), S. 116.

F. Benjamina L. Indien, Malaynesien, Philippinen. Bastfaser für Taue. — Ridley (583); Philippine Bureau For. Bull. 1919.

F. prolixa Forst. Südsee. Bastfaser für verschiedenartige Gewebe. — Dodge (187).

F. cunia Buch.-Ham. (Indien), *F. Forstenii* Miq. (Philippinen), *F. gigantea* H. B. et K. (Neugranada), *F. hispida* (Indien, Ceylon, China, Australien, Andamanen), *F. glandulifera* Wall. (Malaiischer Archipel), *F. obscura* Bl. (Malaynesien), *F. obtusifolia* Roxb. (Indien, Neukaledonien), *F. palawensis* Merr. (Philippinen), *F. Roxburghii* Wall. (Himalaja, Nepal) und *F. Rumphii* Bl. (Indien, Malaynesien) liefern alle Bastfasern für Seilerei. Gegenstand des europäischen Handels sind die Ficusfasern bisher nicht. — Lit. bei Schilling (632), S. 113—115.

F. dendrocida H. B. et K. (Peru, Neugranada), *F. ehretioides* F. Muell. ex Benth. (Nord-Queensland), *F. persicifolia* Welw. ex Warb. (Afrika), *F. pleurocarpa* F. Muell. (Queensland), *F. tinctoria* Forst. (Tahiti) liefern Rindenstoff (Tapa, Kapa).

Antiaris toxicaria Lesch. (= *A. saccidora* Dalz = *A. innoxia* Bl. = *Lepurandra saccidora* Nimmo). Indien, Philippinen, Malaiischer Archipel. Bast. Liefert Rindenstoff für Kleider und Säcke. Bastfasern für Seilerwaren und für Papier. »Jâsund«. — Wiesner (761), S. 3; Watt (748); Ridley (583); Dodge (187).

Artocarpus incisa L. fil. Brotfruchtbaum. Ulu (Hawai), Arbol del Pan (Peru). Tropen. Bast junger Zweige Rindenstoff (Kapa) zur Bekleidung auf den Südseeinseln liefernd. — Boehmer (94), S. 529; Royle (598), S. 314; Reimers (569), S. 228.

A. hirsuta Lam. Der Bast dieser Pflanze wird in Indien zu Flechtwerken und zur Papierbereitung benutzt. — Royle (598), S. 341; Cat. des col. fr. (147), S. 81.

A. Blumei Tréc. Benda (Java), Terap (malaiisch). Malaiischer Archipel. Bastfilz (Rindenstoff) für Kleider der Eingeborenen. — Clercq (156).

A. communis G. Forst. Brotfruchtbaum. Auf Sumatra Bastfaser für Taue. — Clercq (156).

A. integrifolia L. f. Indien und Malaiischer Archipel. Bastfasern für Seilerei. In Nord-Celebes wurde der Bast früher für Herstellung von Kleidern benutzt. — Watt (748); Ridley (583).

Artocarpus lacoocha Roxb. Indien, Ceylon. Bastfaser für die Seilerei. — Watt (748).

Castilloa elastica Cero. Mexiko. Bast für Kleidung. — Dodge (187); Guzmán (269).

Cecropia pachystachya Tréc. Brasilien. Bast verwendbar für Seilerei. Auch für Papiererzeugung brauchbar. — Corrêa (159), S. 239—245.

C. peltata L. Westindien, tropisches Südamerika. Bastfaser verwertbar für Seilerei und Papierfabrikation. — Dodge (187); Guzmán (269); Corrêa (159).

Cannabis sativa L. Siehe Hanf, B, II, 6.

Humulus lupulus L. Hopfen. Siehe Hopfenfasern, B, II, 10.

44. Urticaceen.

Urtica dioica L. Gemeine oder zweihäusige Nessel. Siehe Nesselfaser, B, II, 9.

U. urens L. Brennessel. Kosmopolit: fehlt nur im hocharktischen und tropischen Gebiet. Auch mit dieser Art der gemeinen Brennessel wurden Versuche zur Gewinnung einer brauchbaren Spinnfaser, aber in viel geringerem Ausmaße als mit *U. dioica* angestellt, die aber nicht zu den gewünschten Resultaten führten. — Grothe (260).

U. membranacea Poir. Mittel- und Südeuropa. Bastfaser, vielleicht für Mischgewebe brauchbar. — Sauve e Ridolfi (615).

U. alineata L. (= *Boehmeria alineata* W.). In ganz Indien wildwachsend. Bastfaser. — Cat. des col. fr. (147) 1867, 81.

U. baccifera L. Westindien. Bastfaser für Seilerzeugung. — Duchesne (195), S. 319; Squier (679), S. 56. Über diese Art und *U. caracassana* (Jacqu.) Gris. siehe Bertoni y Jiménez (86a) und Seckt (656a); Michotte (495), 2. Aufl.

U. cannabina L. Hanfnessel; Hemp nettle (engl.). Sibirien, Persien, Vancouver. Bastfaser für Schnüre. — Beauverie (69), S. 167; Royle (598), S. 344; Reimers (569), S. 246.

U. Thunbergiana Sieb. et Zucc. (= *Urtica japonica* Thunb.). Irakusa, Japan, China. Bastfaser. »Berghanf«, »Shan-ma«. — Saito (610), S. 409.

U. crenulata Roxb. (= *Laportea crenulata* Gaud.). Indien, Malaynesien, Australien. Bastfaser »Devil nettle«, ein Substitut der Ramiefaser. — Royle (598), S. 344 und 366; Watt (748), IV, S. 586; (749), S. 162; Michotte (495), 2. Aufl.

U. gigas Moore. Tree nettle. Neusüdwales. Feine, feste Bastfaser für Stricke und Schnüre. Aus der Wurzel soll angeblich die beste Faser gewonnen werden. — Christy (151); Wiesner (759), V, S. 555.

U. holosericea Nutt. Südliche pazifische Gegenden. Bastfasern für Schnüre, Fäden, Stricke. — Schilling (632), S. 270; Dodge (187).

U. virulenta Wall. »Gurhwal« in Hindostan. Bastfaser. — Royle (598), S. 372.

U. rubra (?). Guayana. »Zouli rouge«. Bastfaser für grobe Gewebe. — Cat. d. col. fr. (147) 1873, S. 20; Beauverie (69), S. 170.

Girardinia heterophylla Dcne. (= *Urtica heterophylla* Roxb. = *U. diversifolia* Link = *U. horrida* Link). *G. heterophylla* var. *palmata* = echte Nilghirinessel in Ceylon und Nilghiriberge gibt eine bessere Bastfaser als *G. heterophylla* var. *ceylanica* (= *Urtica ceylanica* Burm.), welche im übrigen Indien auftritt. Die feine, weiche, glänzende Bastfaser (Nilgiri nettle fibre) ist für Gespinste, Schnüre, Zwirne, Seile verwendbar, zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit Ramie, wird als Substitut der Rhea-(Ramie)faser angeführt und soll sich durch ihren Wollcharakter (»vegetable wool«) auszeichnen. — Engler in Engler-Prantl (214), III/1, 1894, S. 103; Royle (598), S. 367; Watt (749), S. 161; Beauverie (69), S. 169; Semler (664), S. 677 u. 759; Trop. Agriculturist and Magazine XXV, 1905, S. 203; Schilling (632), S. 124; Michotte (495), 2. Aufl.

Laportea canadensis Gaud. (= *L. pustulata* Wedd. = *Urtica pustulata* L. = *U. canadensis* L.). Alleghanynessel. Kanada, Nordamerika, Alleghanygebirge, 1300 m über dem Meere vorkommend. Oftmals als Faserpflanze in Kultur genommen, doch ohne praktischen Erfolg (Deutschland, Ungarn usw.). Bastfaser früher vielfach angewandt. — Dodge (187), S. 213; Wiesner (759), S. 355; Engler in Engler-Prantl (214), III/1, S. 103; Reimers (569), S. 247; Michotte (495), 2. Aufl. Anatomie bei J. Moeller, Deutsche Polytechnische Zeitung 1883. Über Akklimatisationsversuche: F. Marc in Wiener Obst- und Gartenzeitung 1877, S. 69.

Laportea gigas Wedd. Gigantic nettle tree of Australia. Australien. Bastfaser für Schnüre und Stricke. Die Bastfasern der Wurzelrinde sollen noch besser sein. Bast für Tapa geeignet. — Dodge (187), S. 214 (? = *Urtica gigas* Moore): Beauverie (69), S. 170; Maiden (470).

L. photiniphylla Wedd. Queensland und Neusüdwales. Bastfaser für Schnüre und Seilerei. — Maiden (470).

L. microstigma Gaud. Celebes. Bast für Taue. Heyne (364), II, S. 79.

Fleurya aestuans Gaud. var. *Linneana* Wedd. St. Thomé. Bastfaser soll ramieähnlich sein und wird von den Eingeborenen für Schnüre verwandt. — Tropenpflanzer III, 1899, S. 128.

Villebrunia integrifolia Gaud. (= *V. appendiculata* Wedd. = *Oreocnide acuminata* Kurz. = *Boehmeria sylvatica* Hassk.). Lipie, Lipia (Nepal), ban-rhea (Assam), Djoerang (Java). Indien, Java. Bastfaser, eine der stärksten Indiens, für Seilerei und grobe Gewebe verwandt. — Watt (748), VI/4, S. 238—243; (749), S. 164; Beauverie (69), S. 168; Dodge (187), S. 325; Clercq (156).

V. frutescens Bl. Kirma (Nepal). Indien. Bastfaser sehr fest und für Seilerei verwandt. — Watt (748); Beauverie (69), S. 168.

Boehmeria nivea Hook. et Arn. (= *Urtica nivea* L.). Siehe Ramie (Chinagras), B, II, 8.

B. n. Hook. et Arn. *forma chinensis* Wiesn. (= *Boehmeria nivea* Gaud.). Weiße oder chinesische Nessel. Siehe Ramie, B, II, 8.

B. n. forma indica Wiesn. (= *Urtica n. tenacissima* L. = *B. n.* var. *candicans* Sadebeck = *B. tenacissima* Gaud. = *B. utilis* Bl. = *B. candicans* Hassk. = *Urtica candicans* Burm. = *Urtica tenacissima* Roxb. = *Ramium majus* Rumph.). Grüne Ramie. Siehe Ramie, B, II, 8.

B. macrostachya Wall. Indien. Bastfaser. — Watt (748); Royle (598), S. 372.

B. platyphylla Don. (= *B. spicata* Thunb. = *B. clidemioides* Miq.). Indien, Malaiischer Archipel, Ceylon. Bastfaser für Seilerwaren und für Gespinste. — Watt (748); Saito (610); Finsch (231); Schilling (632), S. 51.

B. macrophylla Don. Nepal, Sikkim, Khasiagebirge. Geschätzte Bastfaser für Fischnetze. — Watt (748).

B. stipularis Wedd. Sandwichinseln. Bast für Kapa (Rindenstoff) verwertet. — Brigham (95).

B. malabarica Wedd. Indien, Ceylon. Bastfaser für Fischleinen. — Watt (748).

B. tricuspis Macino. Japan. Bastfaser seidenartig. — Chem. Abstracts. 1921, XV, S. 1406; Schilling (632), S. 52.

B. caudata Sw. Brasilien, Argentinien. Ramio grande, »Assa peixe«. Bastfaser nach Bertoni y Jiménez (86a) dünner als die von *B. nivea* und von großer Widerstandskraft. Seckt (656a).

Maoutia puya Wedd. (= *Boehmeria frutescens* Blume). Poi, Pua, Pooah, wild hemp, chanvre sauvage, Kyinki, sat-sha. Nepal, Sikkim, Himalaja, Japan, Indien. Die etwas ramieähnliche Bastfaser für Fäden, Stricke, Fischnetze usw. zu verwenden. — Watt (748), V, S. 177—180; Beauverie (69), S. 167; Dodge (187), S. 235; Watt (749), S. 163; Engler in Engler-Prantl (214), III/1, S. 115; Semler (664); Michotte (495).

Debregeasia hypoleuca Wedd. (= *Boehmeria salicifolia* Don.). Puruni, Siharu, Shakai, Chainchar. Himalaja, Kaschmir. Bastfaser von großer Stärke und Widerstandskraft gegen die Wirkung des Wassers für Seilerei und für Schnüre. Substitut für Rhea (Ramie). — Watt (749), S. 160.

D. velutina Gaud. (= *Conocephalus niveus* Wight). Tashiari, Kapoi, Putchaw. Himalaja, Sikkim, Assam, Deccan. Faser von guter Qualität für Seilerwaren. — Watt (748); Dodge (187); Beauverie (69), S. 169.

D. edulis Wedd. Indien, Japan. Bastfaser. — Mueller (521), S. 123; Dodge (187); Schilling (632), S. 96.

D. Wallichiana Wedd. Himalaja, Sikkim. Bastfaser für Seilerwaren. — Watt (748); Dodge (187).

Leucocnide candidissima Miq. Java. Bast und Bastfaser. — Junghuhn (402), I, S. 174 ff.; Beauverie (69), S. 169.

L. alba Miq. Java. Bast und Bastfaser. — Junghuhn (402), S. 174 ff.

Pipturus velutinus Wedd. (= *P. incanus* Wedd.). Neukaledonien. »Aouin«. Bast zu Seilen und Netzen. Bastfaser von der Feinheit des Chinagrases zu Luxusgeweben. — Cat. des col. fr. (147), 1867, S. 81

und 1873, S. 47; Semler (664), III, S. 753.

Pipturus propinquus Wedd. Inseln des Stillen Ozeans. Bastfaser. Engler in Engler-Prantl (214) III/1; Michotte (495).

P. argenteus Wedd. Australien, Queensland, Java, Nordamerika. Ramieähnliche Faser, »Roafaser«, weich, seidenglänzend, fest, für feine Gewebe und für die Seilerei verwendbar. Die Gewinnung der Faser scheint aber nicht gerade leicht zu sein, was die wirtschaftliche Bedeutung dieser sonst trefflichen Faser herabsetzt. — Dodge (187), S. 271; Semler (664), III, S. 752; J. Moeller (504); Herzog (334), S. 57; Michotte (495).

Allaeanthus zeylanicus Thw. Ceylon. Rindenfaser des Baumes für Bindezwecke. — Watt (748).

Cypholophus macrocephalus Wedd. »Faupata«. Samoa. Bastfasern für Matten, so auch für die kunstvollen Brautmatten auf Samoa. — Finsch (231); Beih. z. bot. Centralbl. 1897, S. 151.

Forskohlea tenacissima L. Indien, Afghanistan bis tropisches Afrika. Bastfasern. — Watt (748); Rein (571), S. 535.

Gesnouinia arborea Gaudich. Teneriffa. Bastfasern. — Savorgnan (613).

Leucosyke capitellata (Poir.) Wedd. Molukken, Sundainseln, Philippinen. Bastfaser. — Philipp. Bureau For. Bull. 1919, 19, S. 66.

Malaisia tortuosa Blanco. Queensland. Bastfaser für Schnüre. — Roth (592).

Pouzolzia occidentalis Wedd. Venezuela. Pflanze und Bastfaser »Yaquilla« genannt. Die Bastfaser läßt sich ähnlich wie die Ramiefaser kotonisieren und bildet ein sehr feines spinnbares Produkt. — Ernst (218), S. 424.

P. viminea Wedd. (= *B. sanguinea* Hassk.). Bast und Bastfaser. — Nach Junghuhn (402), I, S. 176, wird der auf Java wildwachsende Strauch Ramé oder Kepirit als Faserpflanze kultiviert und seit Hunderten von Jahren die äußerst dauerhafte Bastfaser von den Javanen zur Herstellung von Geweben, besonders aber von Fischernetzen verwandt. Dieser Spinnstoff dient seit langer Zeit in Holland zur Herstellung schöner und feiner Gewebe. Durch Teysmanns Tätigkeit hat sich die Kultur dieser Pflanze ausgebreitet und wurde das Produkt in die holländische Industrie eingeführt. — Watt (748), I; Beauverie (69), S. 169.

P. pentandra Benn. Indien. Malaiischer Archipel. Bastfaser für Seilerei. — Dodge (187), S. 46. Soll nach Aisslinger (48), S. 61 die dickste technisch verwendete Bastfaser sein. Selleger (661).

P. hypoleuca Wedd. Trop. Afrika. Bastfaser (»Rugoi«) für Stricke; auch für Papierfabrikation brauchbar. — Braun in Pflanzer 1912, S. 687; Papierfabrikant 1912, Fest- u. Auslandsheft, S. 61.

Pouzolzia indica Gaud. Indien, Malaiischer Archipel. Bastfaser für Stricke und Seile. — Dodge (187); Michotte (495).

Pilea scripta Wedd. u. *P. smilacifolia* Wedd. Indien. Bastfaser. — Royle (598); Watt (748).

Sloetia minahassae Koord. Celebes. Geklopfter Bast für Kopfbedeckungen, früher für Kleidung. — Clercq (156).

Sarcochlamys pulcherrima Gaud. Assam u. Burma. Die Bastfaser, Duggal fibre, ist ein Substitut der Ramie u. gute Seilerfaser. — Watt (749), S. 163.

Parietaria debilis G. Forst. — Nach Grotheu. Bouché (260) soll die Bastfaser dieser Pflanze in Portugal, Ostindien, Angola u. Australien als Spinnfaser benutzt werden, welche Angabe in den verläßlichen Quellen fehlt.

P. officinalis L. Von Oswald Richter als Ersatz für Spinnfasern, aber erfolglos vorgeschlagen. — O. Richter (577), S. 51; Koller (411); Reimers (569), S. 247.

Touchardia latifolia Gaud. Sandwichinseln. Bastfaser ramieähnlich, dauerhaft für Fäden, Netze u. Gewebe. — Dodge (187); Brigham (95); Mueller (521); Beauverie (69), S. 170.

Urera alcaefolia Gaud. (= *U. subpeltata* Miq. = *U. caracasana* Griseb.). Brasilien. Bastfaser für Seilerei, Gewebe und Papier. — Dodge (187); Corrêa (159), S. 16.

U. punu Wedd. Brasilien. Bastfaser. — Corrêa (159), S. 16.

U. sandwicensis Wedd. Sandwichinseln. Bastfaser für Fäden u. Garne. — Dodge (187); Schilling (632), S. 269.

45. Nymphaeaceen.

Nelumbium speciosum Willd. (= *Nelumbo nucifera* Gaertn.). Lotosblume;

Pythagorean bean; Kanwal, Patma. Indien, Afrika. Fasern der Blattstiele. Nach der Meinung der Hinduärzte üben aus diesen Fasern bereitete Bekleidungsstoffe eine fieberwidrige Wirkung aus. Faser auch für Dochte der heiligen Lampen in den Hindutempeln. — Watt (748), V; Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 82.

46. Menispermaceen.

Tinospora cordifolia Miers (= *Cocculus cordifolius* DC.). Indien. Die Wurzelfasern dienen als grober Faserstoff (Bindematerial). — Cat. des col. fr. (147), S. 82; Watt (748).

Triclisia Sacleuxii (Pierre) Diels. Ostafrika. Bastbänder als Bindematerial. — Braun (128); Schilling (632), S. 262.

Pericampylus incanus Miers. Java. Dünne Stengel werden manchmal zu Tauen gedreht. — Heyne (364), II, S. 113.

Coscinium fenestratum Colebr. Ceylon. Stengel als Taue benutzt. — Dodge (187).

47. Anonaceen.

Anona squamosa L. »Anona de Castilla«. Indien, Westindien, Guadeloupe. Bast zu derben Seilen. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 82; Dodge (187), S. 61; Guzmán (269).

A. reticulata. Indien, Westindien. Gute Bastfasern der Zweige. — Watt (748).

A. muricata L. Indien, Westindien. In Salvador Bastfaser liefernd. — Guzmán (269); Ridley (583).

A. globifera Schlecht. »Anona colorado« (Salvador). Mittelamerika. Bastfaser. — Guzmán (269).

A. palustris L. »Araticu cortica«. Brasilien. Bastfaser lokal verwertet. — Dodge (187).

Artabotrys suaveolens Blume. Indischer Archipel. Bindematerial. — Dodge (187); Ridley (583); Schilling (632), S. 35.

A. zeylanicus Hook. f. et Thoms. Indien. Faser für Taue. — Dodge (187).

Asimina triloba Dun. Nordamerika. Bast früher für Stricke und Schnüre gebraucht. — Dodge (187).

Cananga odorata Hook. f. et Thoms. Malaiischer Archipel. Bast für grobes Tauwerk. — Heyne (364), II, S. 127.

Goniothalamus puncticulatus Boerl. et Kds. Sumatra. Fester Bast für Seilerei und Garne. — Heyne (364), II, S. 131.

Cyathocalyx bancanus Boerl. (= *Drepananthus ramuliflorus* Maing.). Java. Der Bast der Stämme ist sehr dauerhaft und wird zu Binde- und Tauwerk verwendet. — Heyne (364), II, S. 131.

Polyalthia hypoleuca Hook. f. et Thoms. Java. Bast wegen seiner Wasserbeständigkeit für Stricke der Fischer verwendet. — Heyne (364), II, S. 129.

P. longifolia. Indien, Ceylon. Bastfaser. Schilling (632), S. 221.

Mitrephora macrantha Hassk. Java. Bast. — Selleger (661), S. 11; Aisslinger (48), S. 73.

Monodora brevipes Benth. Tropisches Afrika. Bastfasern. Bull. Imp. (8) 1908, S. 316.

Unona pannosa Dalz. Konkan, Travancore. Bastfasern für Seilerei. — Watt (748).

Xylopia frutescens D. C. Zentral- und Südamerika. Bastfaser zu Seilen. — Seemann, Herald Exp., S. 70; Dodge (187), S. 329.

X. sericea St. Hil. Westindien, Brasilien. Bastfaser zu Tauen und dergleichen. — St. Hilaire, Pl. usuelles de Brésil. 33, S. 3; Dodge (187), S. 329.

X. grandiflora St. Hil. Brasilien. Bastfasern für Netze. — Dodge (187).

Uvaria littoralis Bl. Sumatra. Stengel von den Malaien als Stricke beim Besteigen von Bäumen benutzt. — Heyne (364), II, S. 125.

U. purpurea Bl. Java. Stengel als zähes Bindematerial (z. B. bei Flößen). — Heyne (364), II, S. 125.

48. Leguminosen.

Crotalaria juncea L. Siehe Sunn, B, II, 13.

C. intermedia Kotschy. Tropischer Sudan. Liefert starke Fasern zu Seilen. — Rein (571), S. 534.

C. tenuifolia Roxb. Indien, daselbst auch kultiviert. Bastfasern. »Jubulpore hemp«. *C. tenuifolia* Roxb. ist nur die Varietät *tenuifolia* Roxb. von *Crotalaria juncea* L. — Royle (598), S. 290; Cat. des col. fr., Paris (147) 1867, S. 83; Semler (664), III, S. 724; Niederlein (533a).

Crotalaria burhia Buch.-Hamilt. Zu Shind (Indien) als Faserpflanze gebaut. Bastfaser für Seilerei. — Royle (598), S. 272; Watt (748).

C. retusa L. Indien. Bastfaser für Seilerei und grobe Gewebe. — Royle (598), S. 281; Watson, Journ. of arts, 1860, Mai, S. 11 ff.

C. striata D. C. Indien, Sudan, Kongo, Uganda. Bastfaser für Seilerei und Netze. — Rein (571); Watt (748).

C. usaramoensis. In Ostafrika heimisch. In Niederländisch-Indien als Juteersatz und für Gründüngung kultiviert. Bastfaser geeignet für Seilerei. — Frenzel (238); Indisch. Mercuur v. 20. Mai 1921; G. F. J. Bley in Mededeel. van h. Culturtuin Buitenzorg 1919, Nr. 12.

Albizzia procera Benth. (= *Acacia procera* Willd.). Indien. Bastfaser. — Schilling (632), S. 24.

A. moluccana Miq. Malaiischer Archipel. Als Papierrohstoff geeignet. — Teysmannia 1912, XXII, S. 265; T. F. Hanausek (292); Heyne (364).

Acacia arabica Willd. Indian gum arabic tree. Indien bis Nordafrika. Bastfaser junger Bäume für Seile und junge Zweige als Flechtmaterial (Körbe). — Watt (748); Rein (571).

A. leucophloea Willd. Indien, Ceylon. Bast (Pilangbast). Bastfaser lokal für Fischnetze und Taue. — Watt (748); Dodge (187).

A. Sieberiana D. C. (=*A. Sing* Guill. et Perrott). Senegal. Grobe Bastfaser zu Tauen. — Cat. des col. fr. (147), 1867, S. 83; 1873, S. 30.

A. flavescens A. Cunn., *A. latifolia* Benth., *A. leptocarpa* A. Cunn., *A. lysiploia* F. Muell. Queensland. Bastfaser von den Eingeborenen verwertet. — Roth (592).

A. latronum Willd. Südliches Indien. Bastfaser soll gut sein. — Watt (748).

A. mellifera Benth. (Sudan) und *A. nubica* Benth. (Kordofan). Bastfaser für Säcke zum Transport von arabischem Gummi verwertet. — Rein (571).

A. spirocarpa Hochst. Sudan. Bastfaser junger Bäume für Bindematerial. — Rein (571).

A. seyal Delile. Sudan. Bastfaser. — Rein (571).

A. tomentosa Willd. Java. Bast zäh und bei den Malaien als Bindematerial verwandt. — Heyne (364), II, S. 221.

Entada scandens Benth. Tropen. Bast der Liane für Seilerei. — Watt (748); Roth (592).

Dichrostachys cinerea W. et A. Indien bis Nordaustralien. Bastfaser. — Watt (748).

D. nutans Benth. in Hook. Tropisches Asien, Afrika, Sudan. Bastfaser. — Rein (571), S. 534.

Prosopis spicigera L. Indien, Persien. Bastfaser »Sarmdal«. — Wiesner (761).

P. pubescens Benth. Mexiko, Texas, Kalifornien. Bastfaser als Bindematerial. — Dodge (187).

Parkia africana R. Br. Trop. Afrika, Java. Bastfaser (Papierrohstoff). Die Fasermasse der zerklopften Wurzeln dient in Togo als Badeschwamm. — Selleger (661), S. 22; Aisslinger (48), S. 83; Schilling (632), S. 210.

P. Hildebrandtii Harms. Ostafrika. Streifen der Hülsenkanten als Flechtmaterial (Arm- und Beinbänder »mazega«). Braun (128).

Hardwickia binata Roxb. Indien. Bastfaser gibt feste Seile und auch Papierrohstoff. — Watt (748); Mueller (521).

Bauhinia tomentosa L. Indien, China, Ceylon, trop. Afrika. Bast und grobe Bastfaser zu starken Seilen. — Cat. des col. fr. (147), S. 83.

B. racemosa Lam. (= *B. parviflora* Vahl). Indien, China, Malaiischer Archipel. Rotbrauner Bast und Bastfaser zu Seilerwaren. — Watt (748); Aubert (58).

B. purpurea L. Indien, Ceylon, Java, Afrika. Bastfaser für Seilerei. — Engler-Prantl (214), III/3, 1894; Rein (571); Wiesner (761).

B. macrostachya Wall. (= *B. scandens* Roxb.). Indien. Bastfaser für Seile. — Wiesner (761).

B. reticulata D. C. Senegambien, südl. Sudan. Bastfaser (Sudan) für Seile. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 83; Rein (571).

B. coccinea DC. Cochinchina. Bastfaser sehr fest. — Dodge (187).

B. splendens H. B. et K. Mittel- und Südamerika. Dunkler Bast für grobe Seile. Die Stämme selbst können auch

direkt als Seile benutzt werden. — Dodge (187); Schilling (632), S. 46.

Bauhinia Vahlii W. et A. Indien. Vielgebrauchte, feste Bastfaser für Seile. — Watt (748).

B. malabarica Roxb. Java. Rindenstreifen manchmal als Taue benutzt. — Heyne (364).

B. anguina Roxb. (Indien) und *B. Lingua* D.C. (Molukken). Bastfaser für Seile. — Watt(748); Taubert in Engler-Prantl (214), III/3, 1894.

Cassia auriculata L. Indien. Bastfaser. — Watt (748); Taubert in Engler-Prantl (214), III/3, 1894; Cat. d. col. fr. (147), S. 83.

Parkinsonia aculeata L. Jerusalemdorn. Tropen und Subtropen. Bast zur Papierfabrikation. — Dodge (187); Royle (598), S. 298; Squier (679), S. 63; Taubert in Engler-Prantl (214), III/3, 1894, S. 98 u. 171; Rein (571); Seckt (656a), S. 191.

Caesalpinia timorensis D.C. Java. Bastfaser für Papier in Vorschlag gebracht. — Aisslinger (48), S. 74.

Sophora flavescens Ait. Ostasien. Bastfaser für Stricke und Garne geeignet. — Schilling, Mitt. Sorau (30) 1920, S. 144 bis 146, und S. 156.

Lupinus luteus L., *L. angustifolius* L., *L. polyphyllos* Lindl. und *L. perennis* L. Bastfasern des Stengels während des Weltkrieges als Spinnfaser und als Juteersatz vorgeschlagen, jedoch ohne praktischen Erfolg. — T. F. Hanausek im Archiv f. Chemie u. Mikroskopie (2), X, 1917, S. 119; Heinze im Jahresb. Ver. angew. Botanik (20), XIII, 1916, S. 88; Schwede (643, 645) und Arch. f. Chemie u. Mikrosk. (2), 1918, S. 154; Weese i. Mitt. a. d. techn.-mikrosk. Lab. d. Techn. Hochschule, Wien (27) 1923, Heft 1.

Genista tinctoria L. Färberginster. Bastfaser für Papier verwendbar. — Sellergren (663).

Cytisus scoparius Link (= *Sarothamnus scoparius* Wimmer = *Genista virgata* D.C. = *Spartium junceum* L. = *Sp. monospermum* Desf. = *Sp. multiflorum* Ait. = *Sp. incarnatum* Lodd.). Besenginster, Pfriem; broom (engl.). Deutschland, Südeuropa. Bastfaser junger Stengel (»Genêt« oder »Genêt d'Espagne«) dienten zu Geweben, Schnüren für Netze und die Stengel zu Flechtwaren. Im letzten Dezennium wieder für Seilerei, Spinnzwecke und zur Papierfabrikation empfohlen. — Mantoureaux in Dinglers polyt. Journ. 42, S. 51; Heldreich, Nutzpfl. Griechenlands, S. 69; Vétillard (735), S. 132; Engler-Prantl (214), 1894, III/3, S. 235; Ulbrich (725, 726); Reimers (569), S. 260; Seckt (656a); Anatomie b. Reimers (568), S. 64—70.

Melilotus albus Desr. (= *M. leucanthus* Koch = *M. vulgaris* Willd. = *M. arborea* Cast.). »Melilote blanc de Sibérie«, Bokhara (Sibirien), Reman (arab.). Europa, Asien, Nordamerika. Bastfasern waren früher im Gebrauch und wurden während des Weltkrieges neuerdings mit denen von *Melilotus officinalis* Lam. und *M. altissimus* Thuill. zur Spinnfasergewinnung, aber ohne praktische Erfolge, vorgeschlagen. — Vétillard (735), S. 135; Dodge (187), S. 240; T. F. Hanausek im Arch. f. Chem. u. Mikrosk. (2), X, 1917, S. 91; Marschik, Mitt. d. techn. Versuchsamts (31), 1918, S. 10.

Trifolium pratense L. Nach T. F. Hanausek im Arch. f. Chem. u. Mikrosk. (2), 1917, S. 141 zu den feinsten Spinnfasern gehörig. Die Fasern werden aber praktisch nicht verwandt.

Psoralea Archeri F. Muell. Queensland. Feste Bastfaser für Seilerei, Fäden und Schnüre. — Roth (592); Maiden (470).

P. patens A. Cunn. Queensland. Bastfaser. — Roth (592).

Indigofera tinctoria L. Indigopflanze. Java. Geringwertige Bastfaser. — Aisslinger (48), S. 87; Selleger (661), S. 23.

I. atropurpurea Ham. Himalaja. Zweige für Flechtereien. — Watt (748).

I. Gerardiana Wall. Himalaja, Afghanistan. Zweige für Taubrücken und Flechtwaren. — Watt (748).

Kraunhia floribunda (Willd.) Taubert (= *Wistaria chinensis* Sieb. et Zucc.). China, Japan, Mongolei. Feine Bastfaser für Gewebe. — Saito (610), S. 414; Savorgnan (613); Schilling (632), S. 276; Reimers (569), S. 269.

Sesbania aculeata Pers. (= *Aeschynomene spinulosa* Roxb.). »Iayanti« (Ceylon, Bengalen), »Selene« (Senegal), »Ranshe-wra« (Bombay). Indien, Ceylon, China, äquatoriales Afrika. Feste, hanf-

ähnliche, lange, wasserbeständige Bastfaser (»Dunchee fibre«) für Seilerwaren und für Fischnetze. In Indien als Substitut für Hanf verwandt. — Roxburgh (594), S. 335; Royle (598), S. 293; Prain (553); Semler (664); Mueller (521); Schilling (632), S. 242; Beauverie (69), S. 490.

Sesbania cannabina, Retz (Pers.) (= *Aeschynomene cannabina* Köln.). »Selene« (Senegal). Koromandelküste, Senegal. Bastfaser. — Cat. d. col. fr., 1867, S. 82; 1873, S. 30; Beauverie (69), S. 490.

S. aegyptiaca Pers. Indien und trop. Afrika. Bastfaser für Seilerwaren. — Dodge (187); Rein (571), S. 534.

S. grandiflora Poir. (= *Aeschynomene grandiflora* L.). Turibaum. Indien, Australien. Bastfaser für Seile und Schnüre. — Dodge (187); Clercq (156).

S. macrocarpa Muhl. Colorado river hemp. Colorado, Arizona, Kalifornien, Mexiko. Bastfaser für Seile und grobe Gewebe (Säcke), Papierrohstoff. — Dodge (187).

Glycyrrhiza glabra L. Kultiviert in Südeuropa, Südrußland, Deutschland, Kleinasien. Wurzelrückstände (»Rifatto«) wurden als guter Papierrohstoff bezeichnet. — Papierfabrikant (13) 1920, S. 988.

Hedysarum lagopodioides L. (= *Uraria lagopodioides* DC.). Bastfaser für Gespinste nach Taubert in Engler-Prantl (214), III/3, 1894, S. 98; Aisslinger (48), S. 96.

Coronilla emerus L. Europa. Soll geringwertige Bastfasern geben. — Savorgnan (613); Schilling (632), S. 83.

Aeschynomene aspera L. Tropisches Asien (Indien) und Afrika. Sola, Shola (Bengalen), Kuhila (Assam). Bastfaser (Birma) zu Fischernetzen. Sunnersatz. Stengel für Papierfabrikation. — Watt (748), V.

Desmodium tiliaefolium G. Don. Himalaja, Indien, Kuba. Gute Bastfaser, verwandt für Seilerei, Papierfabrikation, Flechterei. — Watt (748); Dodge (187); Journ. Text. Inst. (40), 1921, S. 435; Schilling (632), S. 97.

D. latifolium DC. Ceylon, Indien, Siam. Bastfaser für Seilerei und Papierfabrikation verwendet. — Watt (748); Dodge (187).

D. leiocarpum G. Don. Kuba. Bastfaser für Seilerei und Flechterei. — Journ. Text. Inst. (40), 1921, S. 435.

Derris scandens Benth. (= *Deguelia timoriensis* [D. C.] Taubert). Tropisches Asien. Bastfaser für Seile. — Watt (748); Dodge (187).

D. uliginosa Benth. Java. Stengel und Bast gelegentlich als Bindematerial. — Heyne (364), II, S. 308.

Abrus precatorius L. Paternostererbse. Ost- und Westindien. Bast zu groben Seilen. — Dodge (187), S. 35; Ridley (583).

Pueraria phaseloides Benth. (= *Pachyrrhizus montanus* DC.). Neukaledonien, Malaiischer Archipel. Bast und Bastfasern. — Cat. d. col. fr. (147), S. 84.

P. Thunbergiana (Sieb. et Zucc.) Benth. Japan, China. Bastfaser (Ko-pou, Ko hemp) für Gespinste, Netze, Kleider. Altes chinesisches Textilmaterial. — Saito (610), S. 414; Aisslinger (48), S. 93; Taubert in Engler-Prantl (214), III/3, 1894; Avetta in Annuar. del R. Inst. Bot. di Roma, 1885, S. 201—222; Beauverie (69), S. 490; Reimers (569).

P. novo-guineensis Warb. Neuguinea, Kaiser-Wilhelms-Land. Bast und Bastfaser für Stricke und Schnüre. — Finsch (231), S. 371.

Phaseolus vulgaris L. und *Ph. coccineus* L. Bastfaser. — T. F. Hanausek im Arch. f. Chem. u. Mikrosk. (2) 1918, S. 5; Sellergren (663). Auch aus Bohnenhülsen soll man eine Faser gewinnen können. Dtsch. Leinen-Ind. (12) 1925, 648.

Soja max. L. (= *Clycine hispida* Maxim. = *Soja hispida* Moench.). Bastfaser wird als vielleicht verwertbar bezeichnet. — Schwede in Textile Forschung 1919, S. 97. Ist aber praktisch wertlos.

Arachis hypogaea L. Erdnuß. Nach Seckt (656a) wären die feinen, festen Bastfasern der Stengel für Gewebe und zur Papierfabrikation geeignet. Praktische Verwendung erfolgt aber derzeit noch nicht.

Butea frondosa Roxb. (= *B. monosperma* Taub.). Dhak, Palas, Pin, Plaso, Ploso. Indien. Bastfaser für Seilerwaren. Die Faser junger Wurzeln (»chhoel«) ebenfalls für Seilerei und Flechtwaren. Holz als Papierrohstoff. — Royle (598), S. 297;

Watt (748); Dodge (187); T. F. Hanausek in Papierfabrikant (13) 1911.

Butea superba Roxb. Lata-palash, Palasi Pouknway. Indien. Bast und Wurzelfaser »Pulas fibre« für Seilerei. — Watt (748).

Mucuna urens DC. Fischbohne. Tropen. Bastfaser für Seilerwaren geeignet. — Dodge (187), S. 243.

Erythrina indica Lam. Indian coral-tree. Bastfaser für Seilerwaren und als Rohstoff für feine Papiere. — Watt (748); Selleger (661); Aisslinger (48), S. 88.

E. hypaphorus Boerl. Java. Bastfaser soll gut und als Papierrohstoff verwendbar sein.

E. lithosperma Bl. Java. Bastfaser. — Aisslinger (48), S. 88; Selleger (661), S. 24.

E. suberosa Roxb. Indien. Bastfaser. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 83; Schilling (632), S. 109, erscheint es fraglich, ob die Faser verwendet wird.

Apios tuberosa Moench. Nordamerika. Bastfaser. — Kunststoffe (22) 1917, S. 311.

Spatholobus Roxburghii Benth. (= *Butea parviflora* Roxb.). Indien. Bastfaser »Palshin« für Seilerwaren und Bogensehnen. — Schilling (632), S. 248.

Cajanus indicus Spreng. Taubenerbse, pois d'Angole, embrevade. Tropen und Subtropen kultiviert. Indien. Stengel für Flechtarbeiten. — Watt (749).

Pachyrrhizus angulatus Rich. Fidji-Inseln. Bastfaser zu Fischernetzen. Kew Bullet. 1899. — Dodge (187), S. 255; Ridley (582).

Vigna sinensis (L.) Endlicher, f. *textilis* von Togo. Kundebohne, cow pea. Blütenstengel feste Bastfasern liefernd für Schnüre, Bogensehnen usw. — Volkens (740); Dodge (187), S. 325; Notizbl. Bot. Garten, Berlin, Appd. XXII, 2, 1909, S. 56; Harms, Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellschaft, XXX, S. 423; Braun im »Pflanzer« 1911, S. 664.

Brachystegia tamarindoides Welw. Afrika. Rinde für Kleider, Taue. — Dodge (187).

B. Welwitschii Taub. Ostafrika. Bast zur Herstellung von Rindenschachteln (»lindo«). — Stuhlmann (685).

B. spicaeformis Benth. Ostafrika. Rindenstoff liefernd für Kleider und Bedachung. — Schilling (632), S. 56.

49. Linaceen.

Linum usitatissimum L.
L. angustifolium Huds.
L. Lewisii Pursh.
} Siehe Flachs, B, II, 5.

L. marginale A. Cunn. (= *L. angustifolium* DC.) »Native flax«. Australien, Tasmanien. Bastfaser für Schnüre, Fischnetze der Eingeborenen. — Maiden (470).

Reinwardtia indica Dumort (= *Linum trigynum* Roxb.). Indien. Bastfaser. Ob verwertet, ist nach Schilling (632), S. 229 fraglich.

50. Rutaceen.

Fagara integrifolia Merr. Philippinen. Fasern der Wurzel (»Root cotton«) mit verkorkten Zellwänden zum Kalfatern. — Teysmannia, XXIII, 1912, S. 257; Kusano (445a).

Flindersia australis R. Br. Australien. Holz für Papierfabrikation. — Lightfoot (461). Desgleichen *F. Oxleyana* F. Muell.

51. Meliaceen.

Toona ciliata Roem. (= *Cedrela Toona* Roxb.). Ostindien. Hanfähnliche Bastfasern. — Selleger (661).

Melia azadirachta L. Indien. Geringwertige Bastfaser für Seilerwarenerzeugung lokal viel verwandt. — Watt (748).

Soymida febrifuga A. Juss. Ostindien, Ceylon. Bastfaser für Seilerei. — Watt (748, 749); Dodge (187).

52. Malpighiaceen.

Byrsonima crassifolia H. B. et K. Brasilien, Guayana. In Salvador (dort »Nancite« genannt) nach Guzmán (269) faserliefernd.

Heteropteris glabra Hook. et Arn., *Banisteria nitrosiodora* Gris. und *Mascagnia brevifolia* Gris. Argentinien. Stengel dieser Lianen als grobes, dauerhaftes Bindematerial. Seckt (656a).

53. Polygalaceen.

Polygala butyracea Heck. Tropisches Westafrika. Bastfaser (»Cheyi«) für Schnüre und Netze (Togo). — Volkens (740); Winkler (776), S. 215; Seilerzeitung 1913; Schilling (632), S. 221.

Securidaca longepedunculata Fres. Liane im tropischen Afrika. Grobe, starke Bast-

faser (»Sogat«, »Buaze fibre«, »Zambesibuaze«) für Seilerzeugung. Die Angaben über die Beschaffenheit der Fasern stimmen insofern nicht überein, als diese auch als fein und flachsähnlich bezeichnet werden. — Kew Bullet. (7), Sept. 1889; Dodge (187), S. 292; G. K. Rein (571), S. 532; Braun (128, 132).

54. Euphorbiaceen.

Glochidion molle Bl. Malaiischer Archipel. Bast gelegentlich für grobe Seilerwaren. — Heyne (364), III, S. 68.

Antidesma alexiterium L. Ostindien. Bastfaser für Stricke, Fäden und Garne. — Boehmer (94), I, S. 532; Dodge (187), S. 61.

Chrozophora plicata Juss. Indien, Sudan. Bastfaser stark, aber schwer zu gewinnen; für Seilerei verwertet. — Watt (748); Rein (571).

Alchornea villosa Muell.-Arg. Hinterindien. Bastfasern. — Ridley (583).

Manniophyton africanum Muell.-Arg. Kongo, Westafrika. Bastfaser für Stricke und Netze. Desgl. *M. fulvum* Muell-Arg. — Deutsche Faserstoffe (16a), 1921, S. 28; Bull. Imp. (8), XVI, 1918, S. 488; Bull. Agric. Congo Belge 1912, III, S. 619.

Trewia nudiflora L. Tulpenbaum. Indien. Holz für Papiererzeugung. — Hanausek (292).

Tragia cannabina L. f. Indien. Bastfaser zu guten Geweben. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 83.

Tr. involucra L. Indien. In Pondichery. Bastfasern verwertet. — Cat. des col. fr. (147), S. 83.

Mallotus cochinchinensis Lour. Malaiischer Archipel. Bastfaser des Baumes für Seilerwaren. — Ridley (583); Heyne (364).

M. Blumeanus Muell.-Argov. Sumatra, Westjava. Bast manchmal als Bindematerial. — Heyne (364), III, S. 83.

Neoboutonia macrocalyx. Tropisches Afrika. Holz für Papiererzeugung. — Bull. Imp. (8), XXI, 1923, S. 43.

Macaranga javanica Muell.-Arg. Malaiischer Archipel. Bastfasern. — Ridley (583).

M. tanarius Muell.-Arg. Queensland. Bastfaser für Schnüre. — Roth (592).

Ricinus communis L. Wunderbaum. Tropen. Stämme und Blätter als Papierrohstoff geeignet. Bast als Jutesurrogat in Brasilien. — Dodge (187), S. 281; Rößler (588); Corrêa (159), S. 65; Färberzeitung 1921, S. 129; Seckt (656a).

Ricinodendron Heudelotii Pierre. Trop. Afrika. Holz für Papierfabrikation vorgeschlagen. — Papierfabrikant (13), 1921, S. 1257. Desgleichen von *R. Rautanenii* Schinz. — Winkler (776), S. 224.

Excoecaria agallocha L. Sumatra. Bast liefert vielleicht für die »poestaha« genannten Bücher das Papier. — Clercq (156); Schilling (632), S. 112.

Euphorbia palustris L. Nach Savorgnan (613) soll die Pflanze eine feine, aber schwierig zu gewinnende Bastfaser geben.

55. Anacardiaceen.

Rhinocarpus excelsa Bert. (= *Anacardium rhinocarpus* D. C.). Venezuela. — Ernst (218), S. 414. Liefert die Faser Mijagua.

Bouea macrophylla Griff. Java. Bastfaser. — Aisslinger (48), S. 99; Selleger (661).

Lannea Barteri (Oliv.) Engler (= *Calesium Barteri* Kuntze = *Odina Barteri* Oliv.). Tropisches Afrika, Madagaskar. Im Sudan (Bahr el Gazal) Bastfaser zu Seilen und Stricken verwertet. — Rein (571), S. 534. Bast der Wurzelrinde in Tabora für Mattenflechterei. — Braun im Pflanzer 1913, S. 381.

L. grandis (Dennst.) Engler (= *Calesium grande* Kuntze = *Odina Wodier* Roxb.). Vorderindien, Burma, Ceylon. Grobe Bastfaser für Seilerwaren. Holz für Sparterie. — Eeden (203); Dodge (187), S. 252; Watt (748).

L. egregia Engler et Krause. Mittelguinea. Rindenstoffe für die Eingeborenen. — Bot. Jahrb. (5) 1911, S. 331.

Spondias lutea L. Jobo; gelbe Mombinpflaume. Tropisches Amerika, Westafrika, Java. In Brasilien als Papierrohstoff geeignet. — Simão da Costa (666).

Tapirira guianensis Aubl. Tropisches Südamerika. Als Papierrohstoff geeignet. — Simão da Costa (666).

56. Celastraceen.

Celastrus articulatus Thunb. Japan. Stengelfaser für Zwirne und Netze. — Saito (610).

Celastrus scandens L. Baumwürger. Nordamerika. Bastfaser. — Dodge (187).

57. Hippocrateaceen.

Salacia diandra Miq. Ostindien. Soll von den Eingeborenen für Seile von großer Festigkeit verwertet werden. — Schilling (632), S. 235.

S. macrophylla Bl. Malaiischer Archipel. Stengel als Bindematerial für Zäune. — Heyne (364), III, S. 147.

58. Aceraceen.

Acer pseudoplatanus L. und *A. platanoides* L. Holz als Papierrohstoff.

A. rubrum L. Rotahorn. Holz für Papierfabrikation in Nordamerika.

59. Hippocastanaceen.

Aesculus hippocastanum L. Roßkastanienholz für Papierfabrikation.

A. flava Ait. und *A. glabra* Willd. Nordamerika. Holz als Papierrohstoff.

60. Sapindaceen.

Paullinia grandiflora Cambess. Trop. Amerika. Die Rinde gibt Bindematerial. — Dodge (187).

Serjania curassavica Radlk. (= *Paullinia pinnata* L.). Afrika. Bastfaser für Stricke. — Volkens (740), 1909, S. 58.

S. paniculata H. B. K. und *S. racemosa* Schum. In Salvador Bast liefernd. — Guzmán (269).

Sapindus saponaria L. Seifenbeere, soap berry. Südamerika und Westindien. Kultiviert in Indien. Bastfaser zu groben Seilen. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 83; Dodge (187), S. 290.

61. Rhamnaceen.

Ventilago calyculata Tulasne. Indien. Bastfasern für Seilerei. — Watt (748).

V. maderaspatana Gaertn. Indien, Ceram. Bast und Bastfaser für Seilerei. — Watt (748); Clercq (156).

62. Vitaceen.

Vitis vinifera L. Jüngere Ranken des Weinstocks hat man in der Zeit der Fasernot während des Weltkriegs als Spinnfaser, abgeschnittene Reben als Rohstoff für geringe Papiere vorgeschlagen. — Mitt. Techn. Versuchsamt Wien (31) 1918, S. 20; Tropenpflanzer (15) 1918, S. 218.

V. adnata Wall. Indien, Ceylon, Java, Philippinen. Bastfasern der Stämme für Seilerwaren bei den Santals. — Watt (748).

V. coignetiae Pull. Japan. Bastfaser für Seile, Säcke usw. — Saito (610).

V. geniculata Miq. und *V. papillosa* Baker. Java. Stengel als Bindematerial. — Heyne (364), III, S. 171.

63. Tiliaceen.

Berrya amomilla Roxb. Ostindien. Soll in Indien angeblich Bastfaser geben. — Watt (748).

Apeiba aspera Aubl. Mittelamerika. Bastfaser in Salvador. — Guzmán (269).

A. tibourbou Aubl. Guayana und Brasilien. Bastfaser für Flechtarbeiten. — Dodge (187).

A. glabra Aubl. (Guayana), *A. petoumo* (Mittelamerika). Bastfasern, letztere für Seilerei. — Dodge (187).

Corchorus olitorius L.
C. capsularis L.
C. fuscus Roxb. (= *C. acutangulus* Lam.).
C. decemangulatus L.
} Siehe Jute, B, II, 7.

C. tridens L. und *C. trilocularis* L. Indien. Bastfaser zur Herstellung von Tauen. — Watt (748), II, S. 544. Beide Pflanzen sollen auch in Senegambien der Fasergewinnung halber kultiviert werden. — Lanessan (447), S. 810.

C. siliquosus L. Mittelamerika. Sehr grobe Bastfasern (Besenmaterial) liefernd. — Dodge (187), S. 133.

C. fascicularis L. Die Bastfaser dient in Sind zur Herstellung von Tauen. — Watt (748), II, S. 540.

C. aestuans. Äquatoriales Amerika. Liefert angeblich eine feine Bastfaser. — Dodge (187), S. 133.

Tilia cordata Mill. (= *T. parvifolia* Erh.)
T. platyphyllos Scop. (= *T. grandifolia* L.)
T. americana L.
} Siehe Lindenbast, B, II, 21.

Actinophora fragans R. Br. (= *Schoutenia ovata* Korth.). Java. Bast des Baumes dient als grobes Bindematerial. — Heyne (364), III, S. 188.

Entelea arborescens R. Br. Neuseeland. Bastfasern für Seilerwaren und Schnüre

der Eingeborenen. Desgl. *E. palmata* Lindl. auf Neuholland. — Dodge (187).

Cephalonema polyandrum K. Schum. Im Kongo Bastfasern liefernd. — Beauverie (69).

Sparmannia africana Linn. f. Afrika, Australien. Liefert eine schöne, feine, glänzende, silbergraue Bastfaser, die gegenüber Ramie gleichwertig oder höherwertig sein soll. — Semler (664), III, S. 749; Dodge (187); Guilfoyle (265).

Honckenya ficifolia Willd. Tropisches Westafrika. Fibre from Lagos, juteähnliche, aber etwas feinere Bastfaser, die vielleicht noch Bedeutung als Handelsartikel erlangen kann. — Kew Bull. (7), 1889, S. 15; Dodge (187), S. 200; Bull. Imp. (8), VI, 1908, S. 126.

Trichospermum javanicum Bl. Java. Rindenbast für Taue und Werg. — Heyne (364), III, S. 187.

Diplophractum auriculatum Desf. Java. Bast für Taue. — Heyne (364), III, S. 190.

Columbia Blancoi Rolfe, *C. lanceolata, C. mollis* und *C. serratifolia* DC. Philippinen. Bast für Taue. — Schilling (632), S. 78.

C. javanica Bl. Java. Soll die beste Bastfaser sein, die von den Eingeborenen benutzt wird. — Heyne (364), III, S. 190.

Erinocarpus Nimmoanus J. Grah. Vorderindien. Cher, Chera, Chira (ind.). Bastfaser für Stricke. — Wiesner (761), S. 2; Watt (748).

Heliocarpus americanus L. Zentralamerika. Bastfaser für Seilerwaren und zur Papiererzeugung. — Guzmán (269); Dodge (187), S. 190; Bertoni y Jiménez (86a). Nach Seckt (656a) hat vielleicht *H. americanus* eine Zukunft als Textilfaser in Argentinien.

Triumfetta rhomboidea Jacq. Bun-okra (Bengal.), Poeloetan (Java). Sehr verbreitet in den warmen Ländern beider Erdhälften als Ruderalunkraut, auch für die Bastgewinnung kultiviert. Liefert im Nyassaland die Faser Nzonogwe und soll nach Einstein ein Juteersatz sein. — Tropenpfl. (15) XIII, 1909, S. 187 u. 534; Schumann in Engler-Prantl (214), III, 6, 1895, S. 28; E. Cowley in Queensl. Agric. Journ. III, 1898; Bull. Imp. (8) 1907, S. 374.

T. semitriloba L. In den Tropen weitverbreitetes Schuttunkraut, auch kultiviert. Bastfaser für Seilerwaren und Gewebe. — Beauverie (69), S. 258; Dodge (187); Dunstan (198); A. Jäger in Jahresber. Wiener Handelsakademie 1892; Bull. Agric. Congo Belge III, 1912, S. 619; Thays (691a); Seckt (656a), S. 193. *T. africana* K. Schum. soll eine Varietät von dieser Art sein. — Beauverie (69), S. 258.

T. lappalu L. Westindien. Bastfaser zu Geweben. — Macfadyen (469), S. 110; Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 83; Ridley (583).

T. abyssinica K. Schum. Östl. Afrika. Bastfaser für Säcke. — Volkens (739).

T. procumbens Forst. fil. Marshallinseln. Bast für Flechtereien. — Finsch (231), S. 405.

Grewia oppositifolia Hamilt. Indien. Bast; Ersatz für Lindenbast. »Bihul«. — Royle (598), S. 235; Watt (748).

G. asiatica L. (= *G. elastica* Royle). Indien. Bast und Bastfaser für Seilerei. »Dhamann«. — Wiesner (761), S. 2.

G. villosa Roxb. Indien. Bast. »Khat Kati«. — Wiesner (761), S. 2.

G. microcos D.C. (= *G. ulmifolia* Roxb.). Indien. Bast. »Hasali«. — Wiesner (761), S. 4; Dodge (187), S. 187.

G. laevigata Vahl. (*G. didyma* Roxb.). Indien, Australien, Afrika. Bast und Bastfaser für Seilerwaren und für Bindezwecke. — Royle (598), S. 235; van Eeden (203); Heyne (364), III.

G. tiliaefolia Vahl. Indien, Burma, Ceylon. Bastfaser zu Seilen. — Cat. des col. fr., S. 83; Dodge (187), S. 187; Watt (748).

G. acuminata Juss. Java. Bast zur Reisbesenerzeugung verwertet. — Heyne (364), III.

G. mollis Juss. Sudan. Bastfaser. Rein (571).

G. oppositifolia Buchan. Indien. Im nordwestlichen Himalaja für Seilerwaren viel verwandt. — Watt (748).

G. scabrophylla Roxb. Indien. Bastfaser für Seilerei. — Watt (748).

G. occidentalis. Südafrika. Bastfaser liefert den »Kaffir hemp«. — Spon (678); Dodge (187), S. 187.

G. celtidifolia Juss. Java. Zäher Bast für Bindezwecke. — Heyne (364), III, S. 188.

64. **Malvaceen.**

Gossypium herbaceum L. (= *G. eglandulosum* Cav.)

G. arboreum L. (= *G. rubrum* Forsk. = *G. neglectum* Tod.).

G. barbadense L. (= *G. maritimum* Tod.).

G. hirsutum L. (= *G. religiosum* Cav. = *G. latifolium* Murr.).

G. obtusifolium Roxb. (= *G. Wightianum* Tod.).

G. brasiliense Macf. (= *G. acuminatum* Roxb. = *G. conglomeratum*?)

G. vitifolium Lam.

G. flavidum?

G. Jumelianum?

G. nanking Meyen (= *G. indicum* Lam. = *micranthum* Cav. = *G. siamense* Tussak.).

G. punctatum Schum. et Thon.

G. taitense Parl.

G. tomentosum Nutt. (= *G. sandvicense* Parl. = *G. religiosum* Forst.).

G. peruvianum Cav. (= *G. religiosum* Auct.).

G. purpurascens Poir. (= *G. racemosum* Poir.).

G. mexicanum Tod.

G. microcarpum Tod.

G. Schottii Watt.

G. anomalum Ky. Peyr. (= *Cienfuegosia anomala* Gürke).

G. Stocksii Mast.

Siehe Baumwolle, B, II, 1.

Hibiscus cannabinus L. (= *H. radiatus* Sims = *H. radiatus* Cav. = *H. verrucosus* Guill. et Perr. = *H. vitifolius* Mill. = *H. unidens* Hassk. = *H. Wightianus* Wall. = *H. ferox* Hook.). Siehe Gambohanf oder Javajute, B, II, 12.

H. digitatus Cav. Wild in Indien, in Guayana kultiviert. Bastfaser. »Chanvre de Mahot«. — Cat. des col. fr. (147) **1867,** S. 82.

H. elatus Swartz. (= *H. similis* Bl. = *Paritium elatum*. Soll auch mit *H. tiliaceus* L. zusammenfallen). Indien, Westindien, Java. Bastfaser. Sehr stark, zu Tauen. »Warwe«. In Westindien Baststreifen (»Kubabast«, »Guana«) zum Binden von Zigarrenbündeln, für Damenhüte usw. — Miquel (502), I, 1, S. 154; Semler (664), III, S. 760; Morris (513); Dodge (187).

H. arboreus Desf. (= *Malva arborea* St. Hil.). Südamerika, Westindien. Bastfaser zu Seilerwaren. — Squier (679), S. 57.

H. gossypinus Thunb. Guadeloupe. Bastfaser. — Cat. des col. fr. (147), S. 82.

H. rosa-sinensis L. Indien, China. Bastfaser, seidig, bis 3 m lang, dürfte aber wenig verwandt werden. — Cat. des col. fr. (147), S. 82; Wiesner (759), S. 351; Selleger (661), S. 28; Aisslinger (48), S. 103; Guzmán (269).

H. striatus Cav. Indien. Bastfaser zu Seilerarbeiten. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 82.

H. circinatus Willd. Antillen, Tahiti. Gute, spinnbare Bastfaser. — Cat. des col. fr. (147), S. 82.

H. syriacus L. Japan. Bei uns häufig in Gärten kultiviert. In Japan wird die Bastfaser zu textilen Zwecken benutzt und führt den Namen »Mukuge«. — Saito (610), S. 420.

H. tiliaceus L. (= *H. guineensis* D. C. = *H. similis* Bl. = *H. tiliaefolius* = *H. tortuosus* Roxb. = *Paritium tiliaceum* A. Juss. = *P. pernambucense* G. Don. Soll auch mit *G. elatus* Sw. identisch sein). Antillen-Korkholzbaum. Guatupe, Quieba do Mangue (Brasil.), Majagua (Venezuela), Huamaga (Ekuad.), Hau (Hawai), Milola (Angola), Bola (Bengal.), Belli-pata (Bombay), Waroe (Malaiisch). Küsten der Tropen. Bastfaser der Zweige und des Stammes gut verspinnbar für Seilerwaren, Schnüre, Netze. Wird auch nach Europa exportiert. Von den Eingeborenen der Südsee viel benutzt, auf Hawai zur Kapaherstellung. — Dodge (187); Roth (592); Heyne (364); Finsch (231); Corrêa (159), S. 201—209; Faucon (236); Watt (748), S. 247; Ernst (218), S. 414; Squier (679), S. 57; Bertolini in Flora, 1857, S. 566.

H. esculentus L. (= *Abelmoschus esculentus* W. et A.). Rosenpappel, Okra (Amerika und Goldküste), Gumbo, Gombo, Gobbo (französische Kolonien), Lalo (Maurice), Bhindi (Hindu), Bandaka (Ceylon), Kaworoh (Sunda-Inseln), Okura (Japan). Angeblich wild in Indien, in den Tropen vielfach kultiviert. Bastfaser (Okra fibre, Bandakai fibre, Gumbo of Louisiana) glänzend, weißlich, fest und lang für Seilerei und als Juteersatz. Untere Teile der Okrapflanze auch für die Papierfabrikation in Nordamerika verwertet. — Watt (748), IV, S. 237 ff.; Dodge (187), S. 194; Semler (664), III, S. 737;

Tropenpflanzer XIV, 1910; Rein (571); Beauverie (69), S. 453; Corrêa (159), S. 68.

Hibiscus abelmoschus L. (= *H. flavescens* Cav. = *H. spathaceus* Wall. = *sagittifolius* Kurz = *Abelmoschus moschatus*). Indien. Bastfaser für Seilerei, soll 3—5 Fuß lang und juteähnlich sein. — Royle (598), S. 259; Abel in Bot. Jahresb. 1896, II, S. 481; Ridley (583); Watt (748); Beauverie (69), S. 453.

H. sabdariffa L. Rosellahanf; Red Sorel (Westindien), Rozelle hemp. Wild in den Tropen, aber auch stark auf Jamaika kultiviert. Feste Bastfaser (Rozelle hemp oder Rosellahanf im Handel), für grobe Gewebe (Säcke), Seilerwaren und Papierfabrikation. — Nach Schilling (632, S. 144) vielleicht eine der aussichtsreichsten Hibiscusfasern; Macfadyen (469), S. 101; Cat. des col. fr. (147), S. 82; Royle (598), S. 260; Watt (748), IV, 1890, S. 242; Semler (664), III, S. 723; Ridley (583); Rein (571), S. 533; The Tropic. Agriculturist and Magazine, XXIX (1907), XXX (1908); Wester (754); Matthieu (485); Beauverie (69), S. 453; D. Leinen-Industrielle (12) 1922, Nr. 6.

H. manihot Moench. Japan. Bastfaser. — Royle (598), S. 262.

H. celebicus Koord. Celebes. Bastfaser für Seilerei. — Heyne (364), III.

H. collinus Roxb. (= *H. aestuans* = *H. eriocarpus* DC.). Ceylon, Indien. »Kandagang« für Seilerei der Eingeborenen. — Royle (598), S. 261.

H. ficifolius Roxb. Molukken. Bastfaser. — Royle (598), S. 261.

H. bifurcatus Cav. Südamerika. Bastfaser. — Corrêa (159), S. 12.

H. ficulneus L. (= *H. strictus* Roxb. = *Abelmoschus ficulneus* W. et A.). Bastfaser für Fäden und Schnüre. — Watt (748).

H. furcatus Roxb. Bastfaser angeblich flachsähnlich. — Royle (598), S. 261; Watt (748).

H. heterophyllus Vent. Green Kurrajong, cordage tree. Australien, Tasmanien. Bastfaser für Seilerei. — Royle (598), S. 262; Morris (515); Guilfoyle (265); Maiden (470).

H. lunariifolius Willd. In Nord-Nigeria die »Ramafiber« liefernd. Bull. Imp. (8) XII, 1914, S. 38.

H. macrophyllus Roxb. (= *vestitus* Griff.). Indien, Java, Bastfaser für Seilerei (Taue), Angelschnüre und Mattenflechterei. — Heyne (364), III, S. 198.

H. grewiaefolius Hassk. Java. Bast. — Heyne (364), III, S. 198.

H. moscheutos L. Amerika, Trinidad, Indien. Bastfaser, nach Schilling (629), S. 143, vielleicht als Hanf- oder Juteersatz verwendbar. — Dodge (187).

H. mutabilis L. (= *H. venustus* Bl. = *H. sinensis* Mill. = *Ketmia mutabilis* L.). China, Indien, Trinidad, Südamerika. Minderwertige Bastfaser für Papierfabrikation. — Duchesne (195), S. 213; Dodge (187), S. 196; Watt (748), IV, S. 242; Selleger (661), S. 27; Aisslinger (48), S. 104; Heyne (364), III, S. 205.

H. panduraeformis Burm. Queensland. Bastfaser für Fäden. — Roth (592).

H. quinquelobus G. Don. Sierre Leone. »Kowefaser« für Seilerei. — Bull. Imp. Inst. (8), XII, 1914, S. 38.

H. clypeatus L. (= H. *tomentosus* Mill.). Westindien. Bastfaser. — Royle (598), S. 262.

H. splendens Fras. Australien. Bastfaser für Seilerei und Papier. — Dodge (187), S. 197; Maiden (470).

H. surattensis L. (= *H. furcatus* Wall.). Tropisches Asien, Australien, Afrika. Bastfaser. — Royle (598), S. 261; Watt (748), IV, S. 246; Ridley (582).

H. tetraphyllus Roxb. (= *H. canavanus* Miq. = *Abelmoschus tetraphyllus* Graham). Siehe B, II, 16.

H. vitifolius L. (= *H. serratus* Wall. = *H. truncatus* Roxb.). Tropisches Asien, Afrika, Australien. Liefert angeblich die »Sipossiwanenafaser«. — Rein (571); Watt (748); D. Deutsche Leinenindustrielle 1920, S. 597.

H. ferox Hook. Brasilien. Bastfaser. — Beauverie (69), S. 454.

Abutilon indicum Don. (= *A. indicum* Sweet = *A. asiaticum* W. et A. = *A. americanum* Sweet = *A. populifolium* Sweet = *A. grandiflorum* = *Sida asiatica* L. = *S. abutiloides* Macfad. = *S. albida* Willd. = *S. cordifolia* Forsk. = *S. meridionalis* Salisb. = *S. orbiculata* DC.). Country mallow (engl.), Kanghi (Hindu), anoda-gaha (Ceylon), Mayé (China). Indien, China, Assam, Ostafrika. Bast-

faser für Seilerei und, wenn vor völliger Reife gewonnen, auch für Gewebe. — Wiesner (761), S. 2; Dodge (187), S. 37; Ridley (583); Braun (126); Watt (748); Faucon (236); Beauverie (69), S. 441—443.

Abutilon avicennae Gaertn. Chinajute, Tientsin-Jute, American jute, Indian mallow (engl.). Ost- und Westindien. Bastfaser im Handel als »Chinajute« für Seilerei und Papierfabrikation. Nach Berteau (84) soll sie besser als indische Jute und leichter als diese zu spinnen sein. — Watt (748); Dodge (187); Saito (610); Herzog (333 und 334), S. 57, Phot. 98, 99; Dangers (166); Christy (151); Zillig (786).

A. asiaticum Don. Indien, Ceylon. Bastfaser für Seilerei und Papiererzeugung. — Watt (748); Cat. des col. fr. (147) **1867,** S. 82.

A. glaucum G. Don. (= *A. asiaticum* Guill. et Perr.). Sudan. Bastfaser zu Geweben. — Rein (571).

A. graveolens W. et A. Australien, Indien, Ceylon, Java, tropisches Afrika. Bastfaser, im Sudan zu Geweben. — Watt (748); Rein (571); Heyne (364), III, S. 192.

A. Bedfordianum A. St. Hil. Brasilien. Bast. In Australien (Victoria) eingeführt, liefert dort Spinn- und Papierfasern. — Dodge (187); Ann. Report Unit. St. Depart. of Agricult. 1879.

A. molle Sweet. Brasilien, Australien (hier kultiviert). Bastfaser. — Dodge (187).

A. octocarpum F. v. Muell. Queensland. Bastfaser für Netze. — Roth (592).

A. oxycarpum F. v. Muell. und *A. venosum* Lem. Brasilien, Australien (hier kultiviert). Bastfaser für Seilerei. — Dodge (187).

A. polyandrum Schlecht. Indien, Ceylon. Bastfaser für Seilerei. — Watt (748); Dodge (187); Maiden (470).

A. striatum Dicks. Brasilien, Mexiko, Nordamerika. Bastfaser. — Dodge (187).

Wissadula rostrata Planch. (= *W. periplocifolia* Thw. = *Abutilon periplocifolium* Sw. = *Sida periplocifolia* L.). Tropen beider Hemisphären. Bastfasern lang, weich, glänzend, für Spinnzwecke geeignet. In Ostindien wegen Fasergewinnung kultiviert. — Dodge (187), Watt (748); Rein (571), S. 223; Schumann in Engler-Prantl (214), III, 6, 1895, S. 38; Bertoni y Jiménez (86 a).

Sphaeralcea umbellata (Cav.) St. Hil. (= *Meliphlea umbellata*). Australien, Südmexiko. Bastfaser für Seilerwaren. — Schilling (632), S. 248.

Anoda hastata Cav. Diss. Mittelamerika. Bastfaser in Salvador verwertet. — Guzmán (269).

A. cristata Schlecht. (= *A. lavaterioides* Medic.). Tropisches Amerika. Bastfaser; in Deutschland Anbau der Pflanze versucht. — Zillig (786).

Althaea rosea (L.). Cav. Stockrose, Malve der Gärten. Türkei, Griechenland, Kreta, wild. Bastfaser als Juteersatz und für Papierfabrikation. — Dodge (187); Cat. d. col. fr. (147) 1867, S. 83; Zillig (786).

A. cannabina L. (= *A. narbonnensis* Jacq.). *Canapa silvatica* (italien.). Südeuropa. Bastfaser, die früher in Spanien zur Herstellung feiner Gewebe verwertet wurde.

A. armeniaca Tenore. Mittelmeerländer, westliches Asien. Bastfaser als Juteersatz vorgeschlagen. — Zillig (786).

A. officinalis L. Echter Eibisch. Bastfaser. — Zillig (786).

A. narbonnensis Pourr. Südfrankreich. Reich an brauchbarer Bastfaser. — F. Marc in Wiener Obst- und Gartenzeitung 1877, S. 69.

Lavatera arborea L. Baummalve, tree mallow (engl.). Südeuropa, Mittelmeerländer. Bastfaser für Seilerei, Flechterei und für Papiererzeugung verwertbar. — Dodge (187), S. 214; Mueller (521), S. 208; Groud (262).

L. cretica L. (Mittelmeerländer), *L. trimestris* L. (Mittelmeerländer, Syrien, Nordafrika), *L. flava* (Sizilien, Nordafrika). Bastfaser. — Schilling (632), S. 170.

L. maritima Gouan. Südfrankreich, Spanien, Nordafrika. Bastfaser für Seilerei. — Schilling (632), S. 170.

L. plebeia Sims. Südaustralien. Bastfaser für Seilerei, Flechterei und Papierfabrikation. — Maiden (470).

Malva crispa L. Syrien. Bastfaser juteähnlich, für Säckeerzeugung geeignet. — Cavanille in Mémoire d'agriculture etc. de la société roy. d'agricult. à Paris

1786. Hier auch über Versuche mit *M. mauritiana* L., *M. peruviana* L. und *M. limensis* L. — Royle (598), S. 265; Spon (678); Graebner in Verh. bot. Ver. Prov. Brandenburg 1920/21, 63. Bd., S. 103.

Malvaviscus arboreus Cav. Mexiko, Jamaika, Neugranada. Bast und Bastfaser. — Savorgnan (613); Rosoll (590a).

Urena sinuata L. } Siehe Urenafaser,
U. lobata L. } B, II, 17.

U. Blumei Hassk. Malaiischer Archipel. Juteähnliche Bastfaser. — Selleger (661), S. 30.

Pavonia ceylanica Cav. Indien. Gute, aussichtsreiche Bastfaser. — Watt (748); Dodge (187), S. 259.

P. odorata W. Tropisches Ostafrika, Indien, Ceylon. Bastfaser. — Watt (748).

P. Schimperiana Hochst. Afrika. Bastfaser für Stricke. — Volkens (740).

P. spinifex (L.) W. Wärmeres Amerika. Bastfaser. — Schilling (632), S. 211.

Malachra ovata L. Westindien. Hanfartige Bastfaser, auf Martinique »Guimauve« genannt. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 82; 1873, S. 8.

M. capitata L. Cadillo (Venezuela), wild okra (eng.). Westindien, Westafrika, eingeführt in Indien. Bastfaser soll bis 9 Fuß lang sein und die Jute an Güte übertreffen. Nach anderen Versuchen für Spinnzwecke zu spröd und nur geringwertigerer Juteersatz. — Ernst (218), S. 426; Watt (749); Dodge (187); Bull. Imp. Inst. (8), XII, 1914, S. 33; Journ. of Text. Ind. (40), X, 1921, S. 390.

M. radiata L. Zentralafrika, Guayana, Nikaragua. Bastfaser. — Rein (571).

Kydia calycina Roxb. Siehe Kydiabast, B, II, 25.

Kosteletzkya pentacarpa Led. Die Bastfaser dieser im Kubirschen Kreise (am Westufer des Kaspi-Sees) gebauten Pflanze dient als Spinnfaser unter dem Namen Kanaf oder Kanab. Nach brieflichen Mitteilungen von Radde (Tiflis) an K. Mikosch.

Thespesia macrophylla Bl. (= *Th. Lampas* Dulz.). Siehe Thespesiafaser, B, II, 19.

Th. populnea (L.) Corr. (= *Hibiscus populneus* L. = *H. bacciferus* Forst. = *Malvaviscus populneus* Gaertn.). Strandpappel; Pipal, Bendi (indisch), Sakishimahamabo (japan.). Strandpflanze des tropischen Afrika, Asien, Polynesien; in Westindien eingeführt und verwildert. Bast und Bastfaser für Seilerei und als Bindematerial, nach Watt (748), t. VI., part. IV., S. 46, auch für Kaffeesäcke. — Dodge (187); Beauverie (69), S. 437; Aisslinger (48), S. 102; Ridley (583); Brigham (95); Faucon (236), S. 23—25.

Lagunaria Patersonii G. Don. Norfolkinsel und Ostaustralien. Bastfaser für Seilerei, Netze, Flechtwaren und Papier. — Dodge (187), S. 213; Maiden (470); Christy (151), S. 34.

Sida rhombifolia L., *S. retusa* L. und *S. rhomboidea* Roxb. Bastfaser. Siehe B, II, 14.

S. acuta Burm. Hierher soll auch *S. carpinifolia* als Varietät gehören. Bala (indisch), Ketoembar hoetan (malaiisch), Escoba babosa, E. dura (Kolumbien), Guaxima, Tupicha, Vassoura (Brasilien). Indien, Ceylon, Java, Südamerika. Bastfaser. — Dodge (187); Aisslinger (48), S. 105; Corrêa (159), S. 213; Heyne (364), III, S. 193.

Sida tiliaefolia Fisch. In China kultiviert. Bastfaser. »King ma«. — Royle (598), S. 262.

S. periplocifolia Willd. Malaiische Inseln. Bastfaser. — Royle (598), S. 263.

S. alba L. Indien. Bastfaser. Chikan Kadia. — Wiesner (761), S. 3.

S. cordifolia L. (= *S. althaeifolia* Sw. = *S. multiflora* Cav.). Indien, Malaynesien, tropisches Afrika. Bastfaser für Seilerei, grobe Gewebe und Packpapier. — Rein (571); Selleger (661), S. 26; Dodge (187); Tropenpflanzer 1900, S. 562.

S. urens L. Nubien, Kordofan. Feine, seidenartige Bastfaser. — Rein (571), S. 532.

S. densiflora. Argentinien. Bastfaser zur Anfertigung von Schuhzeug verwertet. Bertoni y Jiménez (86a).

S. humilis Cav. (= *S. veronicaefolia* Lam.). Indien. Auf Réunion versuchsweise als Faserpflanze kultiviert. — Rev. cult. col. fr. (35), 1899, Dec. Kritische Bemerkungen hierzu: Tropenpflanzer, IV, 1900, S. 149.

Plagianthus pulchellus A. Gray (= *Sida pulchella* Bonpl.). Viktoria, Neusüdwales, Tasmanien. »Victoria hemp.« Soll der Faser von *S. retusa* völlig gleich sein. — Thos. Christy (151), S. 35; Dodge (187); Maiden (470).

Plagianthus betulinus A. Cunn. Lacebark, ribbon tree (australisch-englisch), Akaroa (Neuseeland), Südaustralien, Neuseeland. Feste Bastfasern der Zweige (»New Zealand cotton«) für Schnüre und Fäden und als Papierrohmaterial geeignet. Die Rinde gibt in ihren leicht trennbaren, biegsamen Bastlagen »Spitzenrinde«, »lacebark«. — Dodge (187); Morris (515); Guilfoyle (265).

P. sidoides Hook. Neusüdwales, Victoria und Tasmanien. Bastfaser der Rinde für Stricke. — Schumann in Engler-Prantl (214), III, 6, 1895, S. 42; Morris (515); Maiden (470).

Napaea dioica L. (= *Sida napaea* Cav. Diss.). Nordamerika. Der Bast wird zu Seilerwaren verwertet. — Schumann in Engler-Prantl (214), III, 6, 1895, S. 41; Zillig (786).

Hoheria populnea A. Cunn. Neuseeland. Bast und Bastfasern für Stricke und für Matten. Die leicht in Bastlagen zerlegbare Rinde wurde früher für Kapa verwertet. — Dodge (187); Schumann in Engler-Prantl (214), III, 6, 1895, S. 44; Morris (515).

Malope trifida L. (= *M. grandiflora*). Südeuropa. Soll Spinnfaser enthalten. — Schilling (632), S. 182.

Kitaibelia vitifolia Willd. Untere Donauebene. In Ungarn wurde früher die Bastfaser zu Geweben verwertet. — Savorgnan (613); Zillig (786).

65. Bombacaceen.

Bombax quinatum Jacq.

B. heptaphyllum L. (= *B. septenatum* Jacq.)

B. malabaricum D. C. (= *Salmalia malabarica* Sch. et End. = *Bombax heptaphyllum* Cav.).

B. carolinum Vellos.

B. cumanense H. B. K.

B. buonopozense Pal. B.

B. emarginatum Decn.

B. villosum Mill.

B. rhodognaphalon K. Schum.

Eriodendron anfractuosum D. C. (= *Bombax pentandrum* L. = *B. Ceiba* L. = *Gossampinus alba* Ham. = *Ceiba pentandra* Gaertn.).

E. samauma Mart.

Ochroma lagopus Sw.

Siehe Wolle der Wollbäume, B, II, 2.

Bombax pubescens. In Brasilien (Sao Paolo) werden aus dem Bast Riemen und Stricke gearbeitet. — v. Wettstein, Briefliche Mitteilungen aus Sao Paolo (9. Juli 1901) an Wiesner. Fruchthaare auch für Polsterzwecke. Dodge (187).

B. quinatum Jacq. Süd- und Mittelamerika. Fruchthaare (»silk cotton«) als Stopfmaterial. Rindenfaser soll in der Seilerei verwertbar sein. — Dodge (187).

B. angulicarpum Ulbrich. Togo, Ostkamerun. — Nach Ulbrich (720) ebenso wie

B. brevicuspe Sprague (Kamerun, Goldküste), *B. Buesgenii* Ulbrich (Südkamerun, Nigerien), *B. flammeum* Ulbrich (Südkamerun) und *B. reflexum* Sprague (Angola bei Westuganda) vielleicht als Kapokpflanze in Frage kommend.

Chorisia crispifolia Kth. Brasilien. Bastfaser für Seilerei. Auch die Samenhaare werden verwertet. — Dodge (187); Wiesner (762), S. 3.

Ch. speciosa St. Hil. Südamerika. Samenwolle. Angeblich sollen aus den Samenhaaren seidenartige Gewebe erzeugt worden sein. Haare mit Manilahanf gemischt auch in der Papierfabrikation verwertbar. Bastfasern der Baumrinde in Argentinien verwertet. — Dodge (187); Wiesner (762), S. 3; Corrêa (159); Seckt (656a).

Ch. Pecholiana? Westindien. Polstermaterial. — Semler (664), III, S. 735.

Ch. insignis H. B. et K. Südamerika. Kapok und Bastfasern liefernd. Bastfasern von Chacoindianern für Gewebe, Säcke, Hemden, Seile und Fäden verarbeitet. Seckt (656a); Dodge (187).

Pachira aquatica Aubl. (= *Bombax aquaticum* [Aubl.] K. Schum.). Guayana, Martinique. Fruchthaare für Kapok. Bastfasern für Seilerei. — Dodge (187).

P. barrigon Seem. Zentralamerika. Fruchthaare als Kapok, Bastfasern für Seilerei und Fischernetze. — Seemann (657), S. 70; Dodge (187).

P. fastuosa Decn. Mexiko. Bastfaser. »Majagua clavellina«. — Ernst (218).

Adansonia digitata L. Affenbrotbaum oder Baobab. Tropisches Afrika, Indien. Bastfaser zu Seilen, Säcken, Kleidung, Flechtwaren. Die Bastfaser wurde auch schon in Deutschland (Niederkaufungen bei Kassel) zur Papiergewinnung benutzt

und bewährte sich in diesem Falle, da die Papiere sich durch große Festigkeit auszeichnen und für Banknoten brauchbar sind. Die Innenrinde kleiner Bäume gibt eine besonders feine Faser. Holz auch für Papiererzeugung. — Cat. des col. fr. (147) 1867, S. 83; Welwitsch (753), S. 40. — Spon (678); Dalén (165); Rein (571), S. 531; Moeller (506), S. 90; Dodge (187), S. 41; Herzberg (327), S. 96, Taf. XII; Papierfabrikant (13) 1920, S. 602 und 707; 1921, S. 1257; Bull. Imp. (8) 1917, S. 326; Braun, K. (124a).

Cavanillesia platanifolia H. B. et K. Mittelamerika. Bastfaser für Papiererzeugung. — Dodge (187).

66. Sterculiaceen.

Sterculia villosa Roxb. Siehe Sterkuliabast, B, II, 23.

St. guttata Roxb. Indien, Ceylon, Andamanen. Spinnbare Bastfaser für grobe Gewebe und auch für Seile. Nach Waschen und Trocknen wird die Rinde von zehnjährigen Bäumen auch als Kleidung verwertet. — Royle (598), S. 266.

St. colorata Roxb. Indien. Bast. »Khâus«. — Wiesner (761), S. 2; Dodge (187) bezeichnet jedoch die Faser als wertlos.

St. tomentosa G. et P. und *St. cinerea.* Sudan. Gute Bastfaser. — Rein (571), S. 533.

St. foetida L. Vorderindien bis Neusüdwales, in Amerika angebaut. Bastfaser. — Aisslinger (48), S. 109; Selleger (661), S. 36.

St. lurida F. Muell. und *St. acerifolia* A. Cunn. Neusüdwales. Grobe Bastfaser. Innere Bastlagen als »Spitzenrinde« verwertet. — Dodge (187); Guilfoyle (265); Maiden (470).

St. diversifolia G. Don. Australien. Bastfasern für Seile und Schnüre und Flechterei. Desgleichen *St. caudata* Hew. und *St. rupestris* Benth. — Dodge (187), Maiden (470), Roth (592).

St. campanulata Wall. Malaiischer Archipel. Bastfaser für Seilerei. — van Eeden (203).

St. caribaea R. Br. Neukaledonien, Trinidad. Bastfaser. — Dodge (187).

St. Barteri Mast. (Neusüdwales) und *St. tragacantha* Lindl. (Westafrika) und *St. tomentosa* Guill. et Perr. (siehe oben) für Papierfabrikation genannt. — Papierfabrikant (13) 1921, S. 1257; Bull. Imp. Inst. (8) 1908, 316.

Firminiana platanifolia (L. f.) R. Br. (= *Sterculia platanifolia* L.). Japan, China. Bastfaser für Seile. — Saito (610), S. 418.

Dombeya cannabina Hilsenb. et Boj. und *D. platanifolia* Boj. und *D. acutangula* Cav. Madagaskar. Bastfaser für Seilerei und grobe Gewebe. — Dodge (187); Beauverie (69), S. 457.

Eriolaena spectabilis Pl. Zentralhimalaja, Nepal. Bastfasern zu Stricken. — K. Schumann in Engler-Prantl (214), III, 6, S. 75.

E. Hookeriana W. et A. Indien, Malaiischer Archipel. Bastfaser. Watt (748).

E. montana D. C. Java. Bastfaser. — Selleger (661), S. 36. — Aisslinger (48).

Waltheria americana L. Malva blanca auf Kuba. Gesamte Tropen. Juteersatzfaser. — Tropenpflanzer (15) 1912, S. 429; Kunststoffe (22) 1918, 41.

Chiranthodendron platanoides (Humb. et Bonpl.) Baille (= *Cheirostemon platanoides* H. et B.). Mexiko, Südamerika. Bastfaser lokal für Kleider. — Dodge (187); Seilerzeitung 1917, S. 485; Kunststoffe (22) 1918, 41.

Rülingia pannosa R. Br. (= *Commersonia dasyphylla* Andr.). Ost-Australien. Bastfaser. — Maiden (470).

Kleinhofia hospita L. Indien, Ostafrika, pazifische Inseln. Bastfaser lokal für Netze und Seilerei verwertet. — Dodge (187), S. 211; Heyne (364), III, S. 237.

Helicteres isora L. Ostindien, Malaiischer Archipel bis Nordaustralien. Bastfaser, genannt Khavon. Feste Bastfaser für Seile und grobe Gewebe. — Wiesner (761); Watt (748); Sawyer (617).

H. hirsuta Lour. Sumatra. Bastfaser für Stricke. Desgleichen *H. viscida* Bl. — Heyne (364), III, S. 235.

Commersonia echinata Forst. (= *C. platyphylla* Andr.). Malaiischer Archipel bis pazifische Inseln und Australien. Bastfaser für Stricke, Matten, Netze, Säcke. — Dodge (187); Maiden (470).

C. Fraseri Sieber. Australien. Bastfaser für Seilerei und Flechterei und Papiererzeugung. — Dodge (187).

Abroma augusta L. f. (= *A. angulata* Lam. = *A. Wheleri* Retz = *A. elongata* Lam. = *A. fastuosa* Gaertn. = *A. angusta* L. f.). Indien, Philippinen. Bastfaser. »Woolet comul«, »perennial Indian hemp«. — Royle (598), S. 276; Duchesne (195), S. 217; Dodge (187), S. 34; Watt (749), S. 1; Faucon (236); Aisslinger (48), S. 107; Beauverie (69), S. 455.

A. fastuosa R. Br. Malaiischer Archipel, Philippinen, Neuholland. Bastfaser für Stricke und Schnüre. — Finsch (231), S. 371; Journ. Text. Inst. (40), 1921, S. 455.

A. mollis D. C. Sundainseln, Molukken. Bastfaser. — Dodge (187), S. 34; Müller, Yap, 1917, S. 98; Finsch (231), S. 371.

Theobroma cacao L. Kakaobaum. Bastfasern wären verwertbar. — Hönig in Jahresber. Wiener Handelsakademie 1882, S. 187; Cat. d. col. fr. (147) 1867, S. 83.

Guazuma ulmifolia Lam. (= *G. tomentosa* Kunth.). Mittel- und Südamerika. Bastfaser für Seilereiarbeiten. — Dodge (187); Simão da Costa (666); Schilling (632), S. 133.

G. tomentosa H. B. K. (= *G. ulmifolia* Wall.). Indien, Ceylon, Westindien. Bastfaser für Seilerei. — Watt (748); Moeller (506), S. 92.

Melochia corchorifolia L. (= *Visenia corchorifolia* Spreng. = *Riedlea corchorifolia* DC.). Indien, Malaiischer Archipel, Nilgebiet. Bastfaser bis 2 Fuß lang, fest, seidenglänzend. — Watt (748); Rein (571); Ridley (583), S. 268.

M. arborea Blanco (= *M. indica* A. Gray = *M. velutina* Bedd.). Indien, Malaiischer Archipel. Bastfaser (»Betina-da«) für Seile und Netze. — Watt (748); Ridley (583); Heyne (364), III, S. 231.

67. Dilleniaceen.

Dillenia pentagyna Roxb. Indien. Bastfaser. — Dodge (187).

Tetracera assa D. C., *T. hebecarpa* Boerl., *T. scaberrima* Miq. Malaiischer Archipel. Stengel manchmal als Bindematerial verwandt. — Heyne (364), III, S. 243.

68. Guttiferen.

Mesua ferrea L. (= *M. speciosa* Choisy). Nagasbaum, Eisenholzbaum, Indian rose chestnut. Indien. Antheren (»Na mal ren«) bei Singhalesen und Birmanen; auf Bali und Madoera als wohlriechendes Polstermaterial für Kopf- und Brautkissen. — Ascherson in Sitzungsber. d. Naturf. Fr., Berlin 1888, S. 34, und Heyne (364), III, S. 256.

69. Dipterocarpaceen.

Dipterocarpus Spanoghei Bl. Malaiischer Archipel. Bastfaser für Tauwerk der Eingeborenen. — Selleger (661), S. 17; Reyes (574).

Hopea Pierrei Hanc. Kambodscha. Faserige Rinde zur Bedachung. — Brandis und Gilg in Engler-Prantl (214), III, 46, 1895, S. 263.

H. mengarawan Miq. Sumatra. Rinde beim Hausbau verwertet. — Heyne (364), III, S. 200.

70. Cochlospermaceen.

Cochlospermum gossypium D. C. (= *Bombax grandiflorum* Sonner. = *B. gossypium* L.). Indien, Ceylon, Senegambien. Samenwolle als Polstermaterial und Bastfaser für Seilerei. — Wiesner (761), S. 2; Watt (748); Beauverie (69), S. 479; Herzog (334), S. 45, Phot. 29.

C. tinctorium Perr. Westafrika. Bastfaser für Seile. Samenwolle. — Volkens (740), 1910.

C. hibiscoides Kunth. Tropisches Amerika. Samenwolle. — Schilling (632), S. 76.

C. Gillivraei Benth. (= *Maximilianea Gillivraei* O. Ktz.). Queensland. Bast für Seile. — Roth (592).

71. Bixaceen.

Bixa orellana L. Orleanbaum. Tropisches Amerika, in den Tropen häufig angepflanzt. Bastfasern für Seile und Schnüre. — Böhmer (94), I, S. 547; Dodge (187), S. 84; Watt (749), 1908, S. 143; Guzmán (269).

Maximilianea angolensis Kuntze. Rinde als Bindematerial, Samenwolle als Stopfmaterial verwertet. — Warburg in Engler-Prantl (214), III, 6, 1895, S. 313.

72. Datiscaceen.

Datisca cannabina L. Orient. Spinnbare Bastfaser. — Duchesne (195), S. 312.

73. Thymelaeaceen.

Gnidia eriocephala (Wall.) Meissn. (= *Lasiosiphon speciosus* Decne. = *L. eriocephalus* Decne). Siehe Rametabast, B, II, 26.

Daphne cannabina Wall. (= *D. Bholua* Don. = *D. papyracea* Wall.). Himalaja. Nepal paper plant (Nepal), Karasushikimi, Bhullu soang (Japan). Bast sehr geeignet zur Papierbereitung. — Royle (598), S. 311; Vétillard (735), S. 169; Dodge (187); Watt (748); Christy (151).

D. involucra Wall. (= *D. Wallichii* Meissn.). Indien. Dient gleichfalls zur Papierbereitung. — Watt (748), Calcutta 1883; Vol. I, Part. III, Nr. 82; Claverie (152).

D. mezereum L. Seidelbast, Kellerhals. Europa, Kaukasus, Altai. Bastfaser verwertbar, doch infolge zu spärlichen Auftretens der Pflanze praktisch ohne Bedeutung.

D. pendula Sm. (= *D. composita* Gilg). Malaiischer Archipel bis Birma. Bastfaser für Nepal paper. — Watt (748); Selleger (661), S. 37; Aisslinger (48), S. 112; Heyne (364), III, S. 334.

D. pseudomezereum A. Gray. Japan. Bastfaser für Papiererzeugung. — Saito (610), S. 425.

Daphnopsis brasiliensis Mart. Nach brieflichen Mitteilungen von R. v. Wettstein an Wiesner (Sao Paolo am 9. Juli 1901) wird der Bast (»Embira brenca«) in Streifen geschnitten als Riemzeug, sonst auch zu Stricken verwandt. Holz für Papierfabrikation geeignet. — Corrêa (159), S. 219.

D. tinifolia (Sw.) Meissn. Westindien, Martinique. Weiße, gute Bastfaser. — Schilling (632), S. 95.

D. racemosa Griseb. (= *D. leguizamonis* Griseb.). Bastfaser für Stricke. — Dodge (187); Seckt (656a).

Lagetta lintearia Lam. (= *Daphne lagetta* Sw.). Spitzenbaum, Lace bark tree. Westindien, besonders Jamaika, wo der Baum Lagetta heißt, Brasilien. In Indien (Nepal) kultiviert. Der Bast, Alligator bark, Lace bark, läßt sich schichtenweise ablösen und bildet ein reinweißes spitzenartiges Gewebe, welches zu Frauenhüten, Kragen und anderen Luxusgegenständen verarbeitet wird. In Brasilien wird er zu Peitschen verarbeitet (Semler). Wichtiger ist seine Verwendung zur Papierbereitung. — Wright, Account of plants growing in Jamaica; Royle (598), S. 311; Lindley, The vegetable Kingdom, S. 531; Semler (664), III, S. 725; Mikroskopische Charakteristik bei Vétillard (735), S. 169; A. Herzog (334).

Funifera utilis Leandr. (= *Lagetta funifera* Mart. = *Daphne brasiliensis* Raddi). Martinique, Guadeloupe. »Mahot piment«. Es werden die vortrefflichen Eigenschaften mehrseitig hervorgehoben. Verwendung wie bei der vorhergehenden Lagettaart, aber in beschränkterem Maßstabe (hauptsächlich für Stricke und Schnüre der Eingeborenen). — Cat. d. col. fr. (147), 1873, S. 8; Semler (664), III, S. 725: Corrêa (159), S. 220; Moeller (506), S. 84.

Linodendron lagetta Griseb. (= *Hargasseria lagetta* A. Rich.). Auf Kuba wird aus der Rinde eine Art Lagettabast erhalten. — Semler (664), III, S. 751.

Thymelaea tinctoria Endl. Mittelmeergebiet. Bastfaser. — Müller (521), S. 397.

Wikstroemia canescens (Wall.) Meisn. Japan, Indien, Nordchina. Bastfaser für Seilerei und zur Papierbereitung. — Dodge (187), S. 327. — Im wärmeren Amerika kultiviert. Der Bast wird als sehr leicht und widerstandsfähig bezeichnet und dient zur Papierbereitung (Usegopapier). — A. Hofmann, Amer. Drugg. XX, S. 89; Watt (748); Jenčič (395); Herzog (334).

W. indica C. A. Mey. Indien, Malaischer Archipel, China, Australien. Bastfaser. — Ridley (582).

W. sikokianum Fr. et Saw. Japan. Bastfaser für feines, dünnes Papier, z. B. Kopierpapier, das manchmal mit Edgeworthia-Faser verfälscht wird. Ohara (535b). — Saito (610), S. 424.

W. viridiflora Meisn. Australien, Südseeinseln. Bastfaser für Schnüre. — Dodge (187).

W. tenuiramis Miq. Auf Banka (Niederl. Indien) Bast für Seilerei. — Heyne (364), III, S. 334.

Edgeworthia Gardneri Meisn. (= *E. papyrifera* Salzm. = *E. chrysantha* Lindl.). Siehe Edgeworthiafaser, B, II, 47.

Ovidio Pillopillo Meisn. (= *Daphne Pillopillo* A. Gray). Chile. Bastfaser. — Frommel (241).

Passerina hirsuta L. Wird nach Schweinfurth in Ägypten zur Herstellung feiner Papiersorten verwandt. — S. Jenčič (395).

Dais cotinifolia L. Südafrika, Natal, kultiviert in Australien. Bastfaser. — Dodge (187); Christy (151), S. 37.

Dirca palustris L. Nordamerika. Bastfaser zu Tauen. — Duchesne (195), S. 54; Anatomie siehe Holm in Americ. Journ. Sc. 1921, 5. Ser. 2, S. 177—182.

D. occidentalis A. Gray. Kalifornien. Bastfaser. Von Eingeborenen früher für Seilerei und Flechterei verwertet. — Dodge (187).

Pimelea axiflora F. v. M. Australien. Gute Bastfaser für Stricke, Schnüre und Papier. — Dodge (187), S. 269; Morris (515); Maiden (470).

P. clavata Labill. Australien. Bastfaser. — v. Mueller (521), S. 397; Dodge (187); Maiden (470).

Rhamnoneuron balansae (Drake) Gilg (= *Wikstroemia balansae* [Drake]). Tonkin. Rinde für Papier. — Drake del Castillo in Journ. de Botan., Juli 1889.

Phaleria Blumei Benth. und *Ph. capitata* Jack. Java. Bast für Stricke und Bindematerial. — Clercq (156); Heyne (364), III, S. 333.

Gyrinopsis spec. Bast des Strauches von den Malaien für Taue und Bindematerial verwandt. — Heyne (364), III, S. 333.

Aquilaria malaccensis Lamk. Java. Bastfaser für Fisch- und Jagdnetze. Rindenstoff für Lenden- und Kopftücher. — Heyne (364), III, S. 332.

74. Lythraceen.

Lagerstroemia parviflora Roxb. Indien, Ceylon. Liefert in Chota und Nagpar eine zu Seilen und Stricken verwandte Faser. — Watt (749), S. 701.

75. Lecythidaceen.

Lecythis ollaria L. Brasilien, Guayana, Kolumbien, Venezuela; hier unter dem Namen »Coco de mono«. Der Bast wird zu Zigarrenumhüllungen, Seilen und Flechtarbeiten verwandt und dient auch zur Papierbereitung. — Böhmer (94), I, S. 552; Cat. des col. fr. (147), 1867, S. 83; A. Ernst (218), 1886, S. 413; Rosoll (590a); Moeller (506), S. 94. — Über die Faser dieser und anderer Spezies von *Lecythis* siehe Dodge (187), S. 215—216.

L. grandiflora Aubl. Cayenne, Brasilien. Bastfaser zu Papier. Nach den französischen Kolonien in Afrika verpflanzt. — Cat. des col. fr. (147), S. 83; Duchesne (195), S. 240; Moeller (506), S. 95.

L. longifolia H. B. K. Venezuela. »Coco de mono«. — A. Ernst (218), S. 413.

L. pisonis Camb. Tropisches Südamerika. Bast für Taue. — Niedenzu in Engler-Prantl (214), III, 7, 1898, S. 38.

Couratari Tauari Berg. Südamerika. Bastlagen für grobe Gewebe, Kleidung, Zigarrenumhüllungen. Bastfaser für Seilerei. — Dodge (187).

C. estrellensis Raddi (= *Cariniana excelsa* Cas.), *C. guianensis* Aubl., *C. legalis* Mart. (= *Cariniana brasiliensis* Cas.). Brasilien. Bast und Bastfaser. — Schilling (632), S. 85.

Barringtonia racemosa Roxb. Java, Queensland. Wurzelfasern für Flechtarbeiten. — Roth (592); Miquel (502), I, S. 492.

B. spicata Bl. Java. Bastfaser für Papier. — Selleger (661); Aisslinger (48).

76. Myrtaceen.

Melaleuca leucodendron L. Kajeputbaum, Paper bark tree. Indien, Malaischer Archipel, tropisches Australien. Der Bast liefert einen wergartigen Faserstoff für Kopfbedeckungen, Hauswände, Papier und Bindematerial. — Rumph, Herb. amboïn., Kap. 25; Loureiro, Flora cochinch., S. 573; Ferd. v. Mueller, Rep. on the Veget. Prod. Int. Exhib. Melbourne 1867. Nach letzterem wird der Bast von *M. armillaris* Wendl. (Tasmanien) ebenso verwandt. Morris (515); Roth (592); Heyne (364), III.

Careya arborea Roxb. Indien, Ceylon. Bast zu Kleidungsstoffen und Bastfasern als Gespinststoff und für Seilerei. — Royle (598), S. 301; Watt (749).

Eucalyptus obliqua l'Hér. Australien, Malaiischer Archipel. Bastfaser für Schnüre. — Schilling (632), S. 110.

Eu. globulus Labill. Blaugummibaum. Australien, im Mittelmeergebiet ange-

pflanzt. Bastfaser für Papiere. — Watt (748); Maiden (470). Über die Eucalyptus-Arten, die als Rohstoff für die Papiererzeugung verwertet werden können, siehe Schilling (632), S. 110 und Hoyer (385a).

Lysicarpus ternifolius F. v. Muell. Queensland. Bastfaser für Seilerei und Papiererzeugung. — Maiden (470).

77. Combretaceen.

Terminalia glabrata Forsk. Indien. Bast. »Uin«. — Wiesner (761), S. 4.

T. paniculata L. Indien. Bast. »Kinjal«. — Wiesner (761), S. 4.

T. arjuna Bedd. (Indien und Ceylon) und *T. superba* Engl. et Diels (tropisches Afrika) für Holzzellstoffgewinnung geeignet. — Bull. Imp. Inst. (8) 1920, S. 562; Papierfabrikant (13) 1911, S. 1257.

78. Melastomataceen.

Marumia muscosa Bl. Java. Bast als Bindematerial. — Clercq (156).

Lasiandra papyrifera St. Hil. Brasilien, Paraguay. Aus dem Bast sollen pergamentpapierähnliche Platten gewonnen werden. Parodi (537a); Seckt (656a).

79. Oenotheraceen.

Chamaenerion angustifolium (L.) Scop. (= *Epilobium angustifolium* L. = *Chamaenerium angustifolium* Scop.). Weidenröschen, willow herb, fireweed (engl.), »Samenwolle«. Zur Zeit der Einführung der Baumwolle nach Europa versuchte man diese und andere Samenwollen (von Weiden, Pappeln usw.) zum Spinnen und Weben zu verwenden. Dies gelang nur sehr unvollständig. Es wurden Dochte, Garne zu Handschuhen u. dgl. aus diesem Material gemacht; es wurde auch zu Polsterungen verwandt. Bald mußte man jedoch einsehen, daß diese Faserstoffe nach keinerlei Richtung mit der Baumwolle zu konkurrieren vermögen und praktisch wertlos sind. — Holmberger, Abhandlungen der Schwedischen Akademie der Wissenschaften, 1774, S. 260 und VII, S. 51; Beckmann (74), 1793, I, S. 65; vgl. auch Wiesner (762) und Dodge (187), S. 159, nach dem die Bastfasern angeblich von den Indianern in Nordwestamerika verwertet werden. Nach T. F. Hanausek (Textilmeister, 1915, S. 151) ist die Bastfaser wohl fest und unverholzt, aber in zu geringer Menge im Stengel enthalten. — Tropenpflanzer 1914, S. 567; Schürhoff (639), S. 90 und 101; Diels (180), S. 379.

80. Araliaceen.

Tetrapanax papyrifera (Hook.) K. Koch. (= *Aralia papyrifera* Hook. = *Fatsia papyrifera*). Siehe Araliamark (chinesisches Reispapier), B, II, 49.

Didymopanax Morototoni (Aubl.) Dcne. et Planch. Tropisches Amerika. Nach Simão da Costa (666) für Papier brauchbar.

Hedera helix L. Blätter und Blattstiele sollen eine spinnbare Faser geben. Praktisch bedeutungslos. — Fiedler (230), S. 51.

Trevisia moluccana Miq. und *T. sundaica* Miq. Malaiischer Archipel. Das Mark der Stämme könnte wie das von *Tetrapanax papyrifera* für Reispapiere verwertet werden. — Miquel (502), S. 749.

81. Sapotaceen.

Bassia lanuginosa. Neuentdeckte Faserpflanze in Westqueensland. — Schilling (632), S. 45.

82. Oleaceen.

Myxopyrum nervosum Bl. Bast auf Java als Bindematerial. — Heyne (364), S. 47.

83. Gentianaceen.

Canscora diffusa R. Br. (= *Pladera virgata* Roxb.). Malabarküste. Faser liefernder Pflanzenteil unbekannt. — Cat. des col. fr. (147), S. 82.

84. Apocynaceen.

Apocynum cannabinum L. (= *A. sibiricum Jacq.* = *A. venetum* A. D. C.). Südliches Rußland, am Kaspischen Meere, in Südsibirien, Nordamerika. Liefert eine spinnbare, lange, kräftige Bastfaser. In Taschkent soll keine andere Spinnfaser im Gebrauch sein, auch bei den Indianern in Nordamerika für Seile, Schnüre, Fischernetze und Flechtwaren vielfach verwandt (»Indian hemp« oder Wildhanf). — Wittmack, Nachrichten des Klubs der Landwirte, Berlin, 1874; Selheim, Über die Faser von *A. sib.* Arbeiten der St. Petersburger Gesellschaft der Naturforscher IV,

1, S. 3ff., enthält auch eine mikroskopische Charakteristik der Faser; F. Michotte (495); Boehmer (94), S. 534; Dangers (166).

Apocynum androsaemifolium L. Nordamerika (Kanada). Bastfaser. Von F. Michotte (495), 2. Aufl., unter den Ramie-Ersatzstoffen aufgezählt.

A. venetum L. (= *A. sibiricum* Pall. ex Roem. et Schult.). Von den Lagunen Venedigs ostwärts bis China zerstreut. Feste Bastfaser (in Turkestan »Kendir«, »Turka« genannt) für Gewebe, Seile und Fäden (für Fischereizwecke geeignet). Das von den Kazak (Turkmenenstamm) hergestellte Gewebe wird Katan genannt. Als Spinnpflanze wurde *A. venetum* auch für Europa empfohlen. — Mikosch (498); Tropenpflanzer 1900, S. 464; Zeitschr. f. d. ges. Textilindustrie, III, 1899/1900, Nr. 15; ausführliche Besprechung bei F. Michotte (495), 2. Aufl., S. 127.

A. indicum Lam. Bastfaser von den östlichen Indianern benutzt. — Indian use of Apocynum. Philadelphia 1884, S. 38; Bot. Jahresber. 1884, II, S. 150.

Nerium piscidium Roxb. Indien. Bast. — Roxburgh, Flora indica, II, S. 7; Royle (598), S. 303.

N. oleander L. Die Bastfasern dieses aus Indien stammenden, in Südeuropa akklimatisierten Zierstrauchs sind brauchbar, doch praktisch bedeutungslos.

Strophanthus dichotomus D.C. und *St. spec.* Siehe vegetabilische Seide, B. II. 3.

Beaumontia grandiflora Wallich (= *Echites grandiflora* Roxb.). Siehe vegetabilische Seide, B, II, 3. Auch die Bastfaser steht in Verwendung. — Cat. des col. fr. (147), 1867, S. 81; Spon (678); Watt (748).

Echites longiflora Desf. (= *E. grandiflora* Hook. et Arn.). Brasilien. Samenhaarschopf gibt vegetabilische Seide, s. B, II, 3. — Arnaudon (57).

Anodendron paniculatum A. D. C. Ceylon, Indien. Bastfaser. — Watt (748); Ridley (583); Dodge (187).

A. coriaceum Miq. Borneo. Bastfaser für Seilerei. — Clercq (156).

A. moluccanum Miq. Celebes. Bastfaser für Netze und Bogenschnüre. — Heyne (364), IV, S. 84.

A. tenuiflorum Miq. (= *Tabernaemontana tenuiflora* Miq.). Java. Bastfaser für Bindezeug. — Heyne (364), IV, S. 84.

Funtumia elastica Stapf (= *Kickxia elastica* Preuss). Westafrika. Die Samenhaare dieser Pflanze wurden von dem biologisch-landwirtschaftlichen Institut in Amani der Chemnitzer Aktienspinnerei zur Begutachtung eingesandt. Diese Samenhaare sollen ihrer Zähigkeit halber zu Spinnereizwecken sich besser eignen als Kapok. Wahrscheinlich aber doch nur Polstermaterial. — Der Pflanzer, 1910, S. 301. Mikroskopie: Tobler (694), S. 43.

Chonemorpha macrophylla Don. Java. Bastfasern für Fischnetze. — Heyne (364), IV, S. 85.

Ichnocarpus frutescens R. Br. (= *Apocynum frutescens* L.). Indien. Bastfaser. — Watt (748).

Pachypodium Rutenbergianum Vatke. Madagaskar. Bastfaser. — Tropenpflanzer, 1903, S. 451; Beauverie (69), S. 502.

Cerbera oppositifolia Lam. Molukken. Fruchthaare. — Dodge (187). Von *Cerbera Odollam* Gaertn. sollen Bastfaser und Fruchthaare verwandt werden. Watt (748).

Rauwolfia reflexa Teysm. et Birm. (= *Cyrtosiphonia reflexa* Miq.). Java. Bastfaser für Papiererzeugung. — Selleger (661), S. 12; Aisslinger (48), S. 116.

Melodinus monogynus Roxb. Im östlichen Himalaja. Bastfasern als Hanfsurrogat. — Watt (748).

M. orientalis Bl. Java. Feine, ananasähnliche, aber kurze Bastfaser. — Heyne (364), IV, S. 54.

Lyonsia ternifolus F. v. M. Queensland. Bastfaser für Seilerei und Papier. — Maiden (470); ebenso *L. straminea* R. Br.

L. reticulata F. Müll. Australien. Samenhaarschopf liefert eine Art »vegetabilischer Seide«.

Wrightia tinctoria (Roxb.) R. Br. Indien. Samenhaare als Polstermaterial »Ouatte«. — Cat. des col. fr. (147), 1873, S. 78.

85. Asclepiadaceen.

Calotropis gigantea R. Br. (= *Asclepias gigantea* Nor.). Siehe vegetabilische Seide, B, II, 3, welche aus den Samenhaaren dieser Pflanze besteht. In Indien wird aber

auch die hanfartige Bastfaser dieses Gewächses gewonnen. — Royle (598), S. 396 ff.; Cat. des col. fr. (147), S. 82; Miquel (502), II, S. 481; Aisslinger (48), S. 118.

Calotropis procera R. Br. (= C. *Hamiltonii* Wight). Madras. Bastfaser. »Yerkum«. — Royle (598), S. 306 ff.; Watson, Indischer Katalog (Exhib. 1862); über die vegetabilische Seide dieser Pflanze siehe Watt (750) und Lincke (462). In Indien wird die vegetabilische Seide gleich der von *C. gigantea* als Ak oder Akon bezeichnet.

C. herbacea Roxb. Vorderindien. Pflanzenseide. — Lincke (462).

Asclepias curassavica L. Siehe vegetabilische Seide, B, II, 3.

A. volubilis L. (= *Dregea volubilis* Benth. = *Hoya viridiflora* R. Br.). Siehe vegetabilische Seide, B, II, 3. Bastfaser für Seilerei. — Watt (748).

A. syriaca L. (= *A. cornuti* Decne). Siehe vegetabilische Seide, B, II, 3. Bastfaser fest, lang, glänzend.

A asthmatica L. (= *Tylophora asthmatica* W. et Arn.). Indien. Bastfasern. — Cat. des col. fr. (147), S. 81.

A. spinosa Arrab. (D. C., Prodr. VIII, S. 573). Indien. Bastfaser. — Cat. des col. fr. (147), S. 81.

Cynanchum extensum Ait. Indien. Bastfaser. — Cat. des col. fr. (147), S. 81.

Marsdenia sp. Siehe vegetabilische Seide, B, II, 3.

M. tenacissima W. et Arn. (= *Asclepias tenacissima* Roxb.). Indien. Bastfaser. »Rajemahl«, »Getee«, »Tongus«, »Muravadal«, »Babaljak«. — Roxburgh, Corom. Pl. III, S. 35; Royle (598), S. 304; Watson, Indischer Katalog (Exhib. 1862), S. 11 ff.; Semler (664), III, S. 724; Dunstan and Burkill (199); Michotte (495), 2. Aufl. Semler rühmt die große Widerstandskraft dieser Faser gegen Feuchtigkeit und ihre große Elastizität, in welcher Eigenschaft sie den Hanf übertrifft, wenn sie auch weniger fest als dieser ist. Nach Royle soll sie die zweitbeste Bastfaser Indiens sein.

M. condurango Rchb. f. Amani. Samenhaare als Stopfmaterial. K. Braun (129).

M. tinctoria R. Br. Himalaja, Assam bis China, Sumatra, Java. Bastfaser. — Watt (749).

M. Roylei Wight et Arn. Himalaja. Bastfaser für Schnüre und Seile. — Watt (749).

Gymnema silvestre. Westafrika, Malaischer Archipel bis Australien. Bastfaser. — Aisslinger (48), S. 120.

Stephanotis floribunda A. Brongn. Martinique. Die Samenhaare geben vegetabilische Seide. — Cat. des col. fr. (147), 1867, S. 84.

Holostemma Rheedeanum Sprg. (= *Asclepias annularis* Roxb. = *Holostemma fragans* Wall. = *H. Rhedii* Wall.). Indien. (Circars, Mysore.) Bastfaser. — Roxburgh (594), II, S. 37; Royle (598), S. 306; Dodge (187), S. 199.

Gonolobus maritimus R. Br. Venezuela. Samenhaare als Polstermaterial verwertet. — Dodge (187), S. 173.

Daemia cordifolia (Retz) K. Schum. (= *D. extensa* R. Br. = *D. angolensis* Decne. = *D. aethiopica* Decne. = *Raphiostemma ciliatum* Hook. f.). Indien, Afghanistan, Senegambien bis Südwestafrika. Feste, feine Bastfaser, als Flachsersatz empfohlen. — Watt (748); Rein (571), S. 536; Dodge (187).

Orthanthera viminea Wight. Indien. Bastfaser für Stricke. — Royle, Himalayan Botany, S. 274; Lindley, The vegetable Kingdom. 3. Aufl., S. 626; Watt (748).

Leptadenia spartum Wight. Indien. Bastfaser für Seilerei. — Royle (598), S. 306; Rein (571), S. 536.

Hemidesmus indicus R. Br. (= *H. Wallichii* Miq. = *Periploca indica* Willd.). Indien. Feine, feste Bastfaser. — Cat. des col. fr. (147), S. 81; Watt (748), IV, 1890, S. 219; Koller (411).

Cryptostegia grandiflora R. Br. In Indien kultiviert. Samenhaare als Polstermaterial, Bastfasern für Gespinste. — Spon (678); Ridley (583); Seilerzeitg. 1913, Bd. 28, S. 721; Tropenpflanzer 1914, S. 108; Schwede (647).

C. madagascariensis Boj. Lombiro, Lombiri. Madagaskar. Ramieähnliche Bastfasern für feine Schnüre. — Jumelle (399, 400); Beauverie (69), S. 497.

Araujia sericifera Brot. Brasilien. Samenwolle für Polsterzwecke. — Dodge (187); Seckt (656a).

Gomphocarpus fruticosus R. Br. Mittleres und südliches Afrika, aber in den

wärmeren Ländern der Erde sehr verbreitet. Die Samenhaare liefern vegetabilische Seide (Polstermaterial). — J. J. Arnaudon (57), S. 603; Heckel (314). Die Bastfaser dieser Pflanze wird wegen ihrer Festigkeit von A. Herzog (338) als Spinnmaterial sehr empfohlen. A. Herzog gibt auch eine mikroskopische Charakteristik dieser Bastfaser. Das von ihm untersuchte Material stammte aus Deutsch-Ostafrika. *Gomphocarpus brasiliensis* Fourn. ist vielleicht nur eine Form von *G. fruticosus*.

G. physocarpus E. Mey. (= *G. semilunatus* A. Richt.). Die Samenhaare dieser Pflanze, Buluba genannt, werden in Abessinien, Kongo, ehem. Deutsch-Ostafrika und Angola gesammelt und als Stopfmaterial verwandt. Bastfaser fest und für Fischleinen verwertet. — Dodge (187); Beauverie (69), S. 499; Dubard (193); K. Braun, Der Pflanzer, 1911, S. 22 ff.

Cryptolepis oblongifolia Schltr. Rhodesien. Pflanzenseide. — Bull. Imp. Inst. (8) XI, 1913, S. 79.

Chlorocodon Whitei Hook. f. Ostafrika. Pflanzenseide. — Zimmermann, Pflanzer 1911.

Periploca graeca L. Mittelmeergebiet. Bastfaser. — Koller (411).

P. aphylla Decn. Arabien, Nubien, Indien. Bastfaser für Brunnenseile und Stricke. — Rein (571), S. 536; Koller (411); Royle (598); Dodge (187).

P. silvestris Retz. Indien. Starke Bastfasern. — Royle (598); Koller (411).

86. Convolvulaceen.

Ipomoea albivenia Sweet. Südafrika. Samenhaare (Kaffir cotton, Natal cotton) für Polsterzwecke brauchbar. — Bull. Imp. Inst. (8) XV, 1917, S. 22.

I. beraviensis Votke (= *Stictocardia beraviensis* Hall. f.). Stengelrinde zum Umwickeln von Bambuskörben. — Braun (128), S. 387.

Merremia mammosa Hall. fil. (= *Ipomoea mammosa* Chois.). Java. Stengelbastfasern für Kleidung. — Heyne (364), IV, S. 95.

87. Borraginaceen.

Tournefortia hirsutissima Sw. Liefert in Venezuela die Faser »Nigno«. — A. Ernst (218), 1886, S. 414.

Cordia gharaf Forsk. (= *Cordia angustifolia* Roxb. = *C. Rothii* Roem. et Schult.). Indien. Bastfaser. »Gundui fibre«. — Wiesner (761), S. 4; Watt (748); Rein (571).

C. obliqua Willd. (= *C. latifolia* Roxb.). Indien. Bastfaser (Narawali fibre) für Seilerei, Schnüre und grobe Gewebe. Siehe auch Cordiataser. — Cat. des col. fr. (147), S. 82.

C. cylindristachya Kom. Trinidad. Bastfaser zu Seilen. — Siehe J. H. Hart, Ann. Report on the Royal Botan. Gard. of Trinidad; zit. nach Dodge (187), S. 133.

C. gerascanthus Jacq. (= *C. sebestena* L. = *C. macrophylla* L.). Tropisches Amerika. Bastfaser. — Dodge (187); Tobler (706).

C. gerascanthoides H. B. et K. Jamaika. Bastfaser. — Morris (513).

C. Holstii Gürke. Ostafrika. Bast als Bindematerial und in der Hutindustrie brauchbar. — Tobler (706).

C. myxa L. Indien, Java. Bastfaser für Seilerei. — Watt (748); Ridley (583), Clercq (156).

Pentagonula americana L. Südamerika. Bastfasern als Bindematerial. Bertoni y Jiménez (86a).

88. Verbenaceen.

Callicarpa cana L. Indien. Bastfaser, angeblich flachsähnlich. — Royle (598), S. 310; Watt (748).

Premna foetida Reinw. Java. Bast zum Reisbesenbinden. — Heyne (364), IV, 110.

Clerodendron paniculatum L. Malaischer Archipel. Stengelfasern für Flechtarbeiten. — Selleger (661).

89. Labiaten.

Ocimum basilicum L. Ostindien und Afrika. Angeblich im Sudan feste Bastfasern für Seilerei liefernd. — Rein (571), S. 535; Spon (678). Watt (748) stimmt nicht damit überein.

90. Solanaceen.

Solanum tuberosum L. Bastfaser der Kartoffelstengel während des Krieges zur Verwertung empfohlen, doch ohne jede Aussicht. — A. Herzog (348); Esmarch (219).

Nicotiana tabacum L. Die bei der Tabakfabrikation abfallenden Blattfragmente werden manchmal bei der Erzeugung von Zigarettenpapier verwandt. — A. Herzog (334), S. 76 ff. Der Autor beschreibt die mikroskopischen Kennzeichen solcher Zigarettenpapiere und gibt eine mikrophotographische Abbildung der charakteristischen Bestandteile (Oberhaut, Sandzellen des Parenchyms usw.).

91. Bignoniaceen.

Dolichandrone falcata Seem. und *D. Rheedii* Seem. (= *Spathodea Rheedii* Seem.). Indien. Bastfaser. — Watt (748).

Bignonia sp. und *Dolichandra cynanchoides* Cham. et Schlecht. Argentinien. Biegsame, zähe Stengel, als Seile verwandt. Seckt (656a).

92. Martyniaceen.

Martynia proboscidea Glox. (= *M. louisiana* Mill.). Mexiko, Nordamerika. Samenschalenfaser, von den Eingeborenen für Zierflechtereien verwertet. — Dodge (187), S. 237.

93. Acanthaceen.

Aechmanthera tomentosa Nees. var. *Wallichii* Nees. Himalaja. Blattfilzhaare sollen im Pandjab zur Herstellung einer Art Gewebe benutzt werden. — Watt (748).

94. Plantaginaceen.

Plantago major und *Pl. media* L. Fasern der Blätter und Blattstiele angeblich als Spinnfaser oder als Polstermaterial, doch ohne praktische Bedeutung. — D. R. P. Peust, 29 b, Nr. 301 204.

95. Rubiaceen.

Genipa americana L. Tropisches Amerika. Bastfaser. — Dodge (187); Guzmán (269).

Psychotria nitida Willd. (= *P. mapouria* Roem. et Sch.). Bast. — Cat. des col. fr. (147), S. 81.

Paederia foetida L. Von Mauritius über Indien bis Malakka und Borneo. Die feste, glänzende Bastfaser dient in Panama zu Gespinsten. — Seemann, Herald Exped., S. 70. — Dodge (187); Ridley (582).

Uncaria gambir Roxb. (= *Ourouparia gambir* Baill.). Malakka, Java, Sumatra wild, um Singapore kultiviert. Ausgezeichnete Bastfaser für Taue. — Aisslinger (48), S. 123; Selleger (661), S. 34.

Timonius Rumphii D. C. (= *Polyphragmon sericeum* Desf.). Malaynesien. Bastfaser für Papier. — Aisslinger (48), S. 124.

Chiococca anguifuga Mart. Argentinien. Lianenstengel als Flecht- und grobes Bindematerial. Seckt (656 a).

96. Cucurbitaceen.

Cucurbita pepo L. Ranken-Bastfaser als Garnmaterial vorgeschlagen, doch ohne jede Bedeutung. — Deutsche Faserstoffe (16a) 1921, S. 6 und 58.

Sechium edule Sw. Mexiko, in den Tropen häufig kultiviert. Stengelfaser für Hutflechterei. — Perrot (543); Zimmermann (793).

Luffa aegyptiaca Mill. (= *L. cylindrica* M. Roem.). Afrika, Asien, Amerika. Das Fasernetz bildet die bekannten Luffaschwämme und Luffa für Tropenhelme, Einlegesohlen usw. — Dodge (187), S. 229.

L. acutangula Roxb. Faser der Frucht. Luffaschwamm, auf Guadeloupe »trochon« genannt. — Cat. des col. fr. (147), 1873, S. 14; Watt (748).

Coccinia indica W. et Arn. Bastfaser für Papier. — Selleger (661); Aisslinger (48), S. 125.

97. Compositen.

Eupatorium pallens D. C. Südamerika, Java. Fruchthaare gelegentlich als Polstermaterial. — Heyne (364), IV, S. 237.

Celmisia coriacea Hook. fil. Neuseeland. Blattfasern für textile Zwecke und zur Papiererzeugung geeignet. — Dodge (187).

Espeletia spec. Ekuador, Venezuela, Kolumbien. Blatthaare als Polstermaterial. Desgleichen *Culcitium canescens* Humb. et Bonpl. — Schilling (632), S. 109.

Ambrosia trifida L. Bastfaser in Indien für Seilerei verwertet. — Dodge (187).

Helianthus annuus L. Sonnenblume. Vielleicht für Papiererzeugung verwertbar.

Artemisia moxa D. C. China, Japan. Blattfilzhaare. — Dodge (187).

Petasites officinalis Moench. Pestwurz. Blattstielfaser als Spinnstoff vorgeschlagen, doch wertlos. — Schürhoff (639), S. 100.

Centaurea salmantica L. Mexiko und auch im Mittelmeergebiet. Angeblich lange, seidenartige Faser zur Seilerei. — L'agric. prat. des pays chauds X, 1909, S. 255.

Gerbera lanuginosa Benth. Himalaja. Blatthaarfilz baumwollähnlich (»Kaff«) für Zunder und Kleidung der Eingeborenen. Gewebe »Kaffi«, »Karki«; angeblich dauerhaft und fest. — Watt (748).

II. Die wichtigsten technisch verwandten Pflanzenfasern.

1. Baumwolle. Die Baumwolle (coton franz.; cotton engl.; algodon span.; cotone ital.) wird aus Samenhaaren einiger Arten der Malvaceengattung *Gossypium* gebildet und stellt die wichtigste aller spinnbaren Fasern dar. Mit Rücksicht auf den ungemein hohen Wertzuwachs, der bei ihrer Verarbeitung zu Ganzfabrikaten erzielt wird, kann man diese Faser unter den vegetabilischen Rohstoffen wohl auch als die wichtigste Handelsware bezeichnen, wenn sie auch von dem Wert und der Menge des im Jahre geernteten Weizens übertroffen wird [Warburg (746)].

Die Geschichte der Baumwolle wird weiter unten in Kürze geschildert werden. Dort kommt auch die steigende Bedeutung dieses Faserstoffes zur Besprechung. Hier sei einleitend nur erwähnt, daß man die Menge der in den Welthandel kommenden Baumwolle 1910/11 auf etwa 4,5 Milliarden Kilogramm bezifferte, wovon derzeit noch immer, trotz großer Anstrengungen anderer Länder, etwa 55—60 % auf die Vereinigten Staaten fallen. Im Jahre 1800 schätzte man die Weltproduktion der Baumwolle auf 1 Million Ballen und 1914/15 auf beiläufig 30 Millionen Ballen (Tropenpflanzer, 1919, Nr. 2). Nähere Daten über die jährliche Produktionsmenge der Baumwolle folgen weiter unten. Die Kultur der Baumwollpflanze ist sehr ausgedehnt und es sei einstweilen nur hervorgehoben, daß das Anpflanzungsgebiet dieser Nutzpflanze zwischen 35° südlicher Breite und 45° nördlicher Breite liegt.

Das hohe Alter der Baumwollkultur und die sehr verschiedenartigen Vegetationsbedingungen der über einen großen Teil der Erde verbreiteten Baumwollpflanzen sind die Ursache der Entstehung zahlreicher, zum großen Teile fixer Rassen und vieler Spielarten, die die Einordnung der Formen in bestimmte Spezies sehr erschweren, so daß die Systematik der Gattung *Gossypium* keineswegs als endgültig geklärt zu betrachten ist und gewisse Widersprüche in den Auffassungen einzelner Forscher noch immer bestehen. Durch Bastardierungen sind in neuerer Zeit übrigens solche Vermischungen von Formen herbeigeführt worden, die die Zuweisung zu einer bestimmten Art noch schwerer oder ganz unmöglich machen.

Vor allem gilt für die Baumwolle, wie für fast alle alten Kulturgewächse, daß man die Stammpflanzen, von denen die gezüchteten Formen abstammen, nicht oder nicht mit genügender Sicherheit kennt. Das eine wissen wir jedenfalls schon sicher, daß es wilde Gossypiumarten sowohl in der neuen als auch in der alten Welt gibt, und daß die kultivierten Arten von mehreren, örtlich geschiedenen Arten abzuleiten sein werden. Das von Maxwell Masters beschriebene *Gossypium Stocksii* (»Dhofar wild cotton«), das in der Nähe von Karachi (Indien) und auf den Dhofar-Bergen (im südöstlichen Arabien) aufgefunden wurde, wurde als Stammpflanze des von Linné aufgestellten *Gossypium herbaceum* angesehen. Gammie und Watt (748), S. 76, haben aber gegen diese Ableitung von *G. herbaceum* entschieden Stellung genommen.

Folgende Spezies dieser Gattung liefern in ihren Samenhaaren erwiesenermaßen die größte Menge, beziehungsweise überhaupt Baumwolle:

Gossypium herbaceum L. (Syn. = *G. eglandulosum* Cav.). Besonders stark in Indien, aber auch in Ägypten, Kleinasien, in der europäischen Türkei, auch etwas in Nordamerika gebaut. In wildem Zustand kennt man diese angeblich aus Nordarabien stammende Art nicht. Lie-

fert kurzstapelige Baumwolle. (In der Auffassung der Synonyme dieser Art stimmen die Angaben der einzelnen Autoren nicht überein. So wird z. B. *G. neglectum* Tod. und *G. latifolium* Murr. von manchen hierher gezogen, womit die neueren Autoren nicht einverstanden sind.)

G. hirsutum L. (Syn.: *G. latifolium* Murr.). Die Heimat dieser Baumwollart ist Westindien und das wärmere Amerika. Sie wird nicht nur in den genannten Ländern, sondern auch in vielen anderen Ländern (in geringeren Mengen auch in China, Indien, Japan) kultiviert, vor allem aber in Nordamerika, wo sie mit den weiterfolgenden die Hauptmasse der Handelsware liefert. Unter anderem hat man auch in Italien Anbauversuche mit dieser Pflanze vorgenommen (Rivet-Cornac).

Die Varietät *religiosa* Watt dieser Art = *G. religiosum* L. liefert in Indien, Ägypten, Amerika die bekannte Khakibaumwolle. Die in der Nähe indischer Tempel (der Brahminen) angepflanzte, heilig gehaltene Baumwollpflanze ist, wie Wiesner gesehen hat, nicht *G. religiosum,* sondern *G. arboreum* oder eine Spielart davon. Die heilige Brahminenschnur (»Upavita«, »Brahminical string«) soll meist, wenn auch nicht ausschließlich, aus der Wolle dieses Baumes verfertigt werden. Winkler (776), S. 129, sagt allerdings, daß man unter *G. religiosum* eine dunkelwollige Form (Rückschlagserscheinung) von *G. herbaceum* verstand. Watts diesbezügliche Angaben (748) beim Artikel Gossypium S. 39 und S. 43 stimmen nicht ganz überein und sprechen sowohl für die Anschauung Wiesners als auch Winklers. In (748) S. 85, spricht Watt sich für *G. arboreum* als Baumwollieferant für den »Brahminical string« aus. Es charakterisiert übrigens die in der Systematik der Gattung *Gossypium* bestandene Verwirrung, daß *G. herbaceum* von einzelnen Autoren als Synonym von *G. arboreum* bezeichnet wurde. [Siehe Watt (748).]

G. barbadense L. und besonders die var. *maritima* Watt. Heimat Westindien. Diese Spezies liefert eine vorzügliche, durch besondere Länge und Güte der Faser ausgezeichnete Baumwolle (Sea Island) und dies ist wohl der Grund, weshalb man in allen Baumwolle liefernden Ländern dieselbe anzubauen bestrebt ist.

G. peruvianum Cav. (früher manchmal als Synonym von *G. barbadense* aufgefaßt). Heimat: Peru, Barbados (Maycock). Diese Art ist für Südamerika eine wichtige Kulturpflanze geworden. Wird auch in Afrika kultiviert. Winkler (776), S. 128, erwähnt, daß die Art richtiger *G. brasiliense* heißen sollte.

G. arboreum L. (Syn.: *G. rubrum* Forsk.). Die baumartige Baumwolle wird seit alter Zeit in Vorderindien gebaut; nach Masters ist sie aber nicht ostindischen, sondern afrikanischen Ursprungs. Sie wird aber auch sonst noch in Ostindien, in China, Ägypten, in Nordamerika und Westindien (Maycock), und selbst im Mittelmeergebiet kultiviert.

G. neglectum Tod. ist die Varietät *neglecta* Watt von *G. arboreum;* von anderen Autoren wurde die Art auch zu *G. herbaceum* gezogen.

Im Vergleich zu den vorher angeführten Arten (besonders zu den Formen von *G. herbaceum, hirsutum* und *barbadense*) treten diese Art und ihre Formen schon stark in den Hintergrund. Das echte *Gossypium arboreum* soll übrigens nach Haller (276), S. 12, nur in einer ganz beschränkten Zahl von Exemplaren in Indien kultiviert und die von diesen erhaltene Baumwolle soll fast ausschließlich zur Herstellung der heiligen Gewänder gewisser buddhistischer Kasten verwertet werden. Im Handel kommt daher hauptsächlich die Wolle der var. *neglecta* Watt vor.

An diese Arten der Gattung *Gossypium* schließen sich an: *Gossypium nanking* Meyen (Syn. = *G. indicum* Lamk. = *G. micranthum* Cav. = *G. siamense* Tussak) in Ostindien, China, Japan, Persien, Afrika, Java. *G. vitifolium* Lam., nahe verwandt mit *G. barbadense,* von manchen als Urform dieser letztgenannten Art angesehen. Heimat: Ostindien und die Maskarenen, kultiviert auf Barbados, in Indien, auf Java, auf den Antillen, in Neukaledonien und Italien. *G. punctatum* Schum. et Thon., wild und kultiviert, Senegal, Nigeria, Angola, Ägypten, Westindien, Alabama, Arizona (von dieser Art soll *G. hirsutum* abstam-

men). *G. brasiliense* Macf. (Syn. = *G. acuminatum* Roxb.), einheimisch und im großen angebaut in Südamerika, aber auch in China, Japan, Afrika, Indien und Polynesien kultiviert. (Über die angeblichen Beziehungen zu *G. peruvianum* Cav. siehe die Bemerkung bei dieser Art.) *G. conglomeratum*, eine Art, bei der die Samen nicht lose in der Frucht liegen, sondern zu einer harten, kompakten Masse vereinigt sind. Daher »coton pierre«, scheint als selbständige Art keine Berechtigung zu haben und zu *G. brasiliense* zu gehören. *G. obtusifolium* Roxb., mit ihrer Varietät *Wightiana* Watt, welch letztere besonders die langstapeligen, besten Sorten des nordwestlichen Indien umfaßt und viel kultiviert wird (Gujarat cotton). Die Varietät *africana* Watt wird in Afrika angebaut. Gammie will alle in Indien kultivierten Formen auf *G. obtusifolium* Roxb. zurückführen und läßt daher *G. herbaceum* und *G. arboreum* nur als Subspezies dieser Art gelten [Watt (748), S. 332)]. *G. microcarpum* Tod., in Mexiko, Peru, Brasilien, Afrika, wahrscheinlich ein Bastard [Freeman in Fruwirth (244)]. *G. mexicanum* Tod., in Mexiko heimisch, auch in Nordamerika und Afrika kultiviert, liefert die besten sogenannten Upland-Wollen. *G. purpurascens* Poir. (*G. racemosum* Poir.), Neukaledonien, Andamanen, Südindien, Ostafrika, Westindien. *G. taitense* Parl. und *G. tomentosum* Nutt. (= *G. sandwicense* Parl.), Sandwichinseln, nur eine grobe Bastfaser, aber keine Baumwolle (Samenhaar) liefernde Art; wild auf den Sandwichinseln.

Infolge der großen Variabilität der Gossypium-Formen gibt es außer den genannten Spezies noch eine große Anzahl von Kulturrassen und Kreuzungen. Wie groß die Zahl der Sorten ist, ist schon aus der einen Tatsache zu entnehmen, daß auf der Pariser Weltausstellung 1900 von den Vereinigten Staaten Nordamerikas 592 verschiedene Sorten ausgestellt waren.

Daß die Systematik der Gattung Gossypium noch viel zu wünschen übrig läßt, wurde bereits früher angedeutet und war wohl auch aus der Aufzählung der Arten ziemlich deutlich zu entnehmen.

Linné kannte seinerzeit nur fünf Arten, und zwar *Gossypium arboreum, G. herbaceum, G. barbadense, G. religiosum* und *G. hirsutum*, also nur kultivierte Spezies.

Parlatore versuchte, alle bekannten Formen auf sieben Typen zurückzuführen, und zwar auf die fünf von Linné bereits gekannten Arten, denen er aber noch zwei weitere Spezies, *Gossypium sandwicense* Parl. und *G. taitense* Parl., hinzufügte.

Während einzelne Autoren geneigt sind, nur eine Art gelten zu lassen, Bentham und Hooker (Gen. Plant. I, S. 209) annehmen, daß nur drei Gossypium-Arten existieren, zählt Todaro (708) 54 Spezies auf.

Die neuere Systematik, die vor allem auf G. Watts Werk (748) beruht, kennt 29 Arten der Gattung Gossypium.

Watt teilt die Gattung ähnlich wie Schumann in Engler-Prantl (214), III, 6, S. 51, nach der vorhandenen oder fehlenden Behaarung der Samen ein, und zwar in fünf Sektionen.

I. Sektion: Samen mit Grundwolle, ohne lange Samenhaare (neun wilde Arten ohne technisches Interesse).

II. Sektion: Samen mit Grundwolle und mit Samenhaaren. Außenkelchblätter verwachsen. (Hierher gehören die Baumwollen der alten Welt, asiatische Baumwolle: *G. arboreum, G. nanking, G. obtusifolium* und *G. herbaceum.*)

III. Sektion: Samen mit Grundwolle und Samenhaaren. Außenkelchblätter nicht miteinander verbunden. (*G. mustelinum* Miers, *G. Palmeri* Watt, *G. fructiculosum* Tod., *G. Schottii* Watt, *G. lanceolatum* Tod. stellen wildwachsende Arten dar, die in Mexiko, Zentral- und Südamerika vorkommen und technisch nicht in Betracht kommen. Außerdem gehören *G. hirsutum, G. peruvianum, G. mexicanum* und *G. punctatum* hierher.)

IV. Sektion: Samen ohne Grundwolle mit Samenhaaren und freien Außenkelchblättern. (*G. taitense, G. purpurascens, G. vitifolium, G. barbadense, G. brasiliense.*)

V. Sektion. Nacktsamige Baumwollen. (*G. Kirkii* M. Mast.), nur wild im tropischen Ostafrika.

Nach diesen Darlegungen zerfallen die kultivierten Gossypium-Arten in drei Gruppen, und zwar 1. in jene der alten Welt oder die asiatischen, 2. jene der neuen Welt, und zwar die amerikanischen

samtigsamigen und 3. die amerikanischen glatt- oder nacktsamigen Baumwollen. Die Praxis aber unterscheidet trotz der zahlreichen kultivierten Gossypium-Spezies und der weitaus größeren Zahl von Spielarten nur zwei Hauptarten von Baumwollpflanzen, nämlich die indische (asiatische) und die amerikanische Pflanze, wo immer diese auch gebaut werden mögen. Zur indischen Baumwollpflanze, die allerdings nach und nach durch die bessere amerikanische zurückgedrängt wird, zählen vorwiegend die Formen von *Gossypium herbaceum;* sie liefern stets kurzstaplige Baumwolle und sind dadurch charakterisiert, daß ihre Samen stets mit weißlicher oder schwach gelblicher Grundwolle bedeckt sind und deshalb nie schwarz gefärbt erscheinen (Sektion II). Die amerikanischen Baumwollpflanzen sind hohe, strauchartige Formen von *G. barbadense* und *hirsutum,* welche entweder schwarz aussehende Samen besitzen, wenn nämlich keine Grundwolle ausgebildet wird, oder von einer eigentümlichen grauen oder grünen Grundwolle bedeckt sind. Die Samen von *G. barbadense* sind gewöhnlich kahl und schwarz, die von *G. hirsutum* gewöhnlich mit stark gefärbter (smaragdgrüner bis grauer) Grundwolle bedeckt. Eine scharfe Unterscheidung zwischen indischen und amerikanischen Baumwollpflanzen läßt sich selbstverständlich nicht durchführen; es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß der Baumwollpflanzer zunächst diese beiden Gruppen unterscheidet und von den amerikanischen Baumwollpflanzen zwei verschiedene Typen stets beachtet: Sea-Island und Upland. Die erstere ist lang-, die letztere kurzstaplig (kurzfaserig). Auf diese Baumwollsorten des Handels kommen wir weiter unten noch zurück.

Die auf die Güte und überhaupt auf die Art der Baumwolle Einfluß nehmenden Faktoren (Klima, Bodenbeschaffenheit, Kulturverhältnisse) scheinen auch die Menge der Baumwolle, die eine bestimmte Bodenfläche hervorbringt, zu bestimmen. Das Baumwollquantum, das ein Hektar liefert, schwankt zwischen 60 und 300 kg reiner Wolle im Jahre, worunter reine, entkernte Baumwolle zu verstehen ist. — Von entscheidender Wichtigkeit für die Güte und Homogenität der Ware ist das Saatgut. Es ist notwendig, daß die Sorte, die man kultiviert, möglichst rein erhalten und nicht mit anderen Sorten vermengt wird, da die Baumwolle aus einem Gemisch verschiedener Sorten oder Varietäten minderwertig ist. Bei der Selbstzucht von Samen ist auf die zweckentsprechende Samenauswahl und auf die mustergültige Pflege der Saatstauden zu achten und darauf Wert zu legen, daß nur solche vollreife, gut entwickelte Körner als späteres Saatgut verwertet werden, deren Baumwolle den gestellten Anforderungen voll entspricht. Wird die Samenauswahl nicht sorgfältig und andauernd durchgeführt, ist Degeneration der gebauten Spielart bald die Folgeerscheinung.

Die Aussaat der Samen findet in außertropischen Gebieten (wie in den Baumwollkultur treibenden Staaten von Nordamerika, in Ägypten) zu einer Zeit statt, in der keine Fröste mehr zu fürchten sind, also zu Beginn der warmen Jahreszeit. In der tropischen oder subtropischen Zone wird die Aussaatzeit gewöhnlich so gewählt, daß die 4—6 Monate später beginnende Ernte in die trockene Jahreszeit fällt.

Zur Beschleunigung der Keimung weicht man vielfach die Samen einen Tag in Wasser ein und scheidet wie bei der Hülsenfruchterkultur die auf dem Wasser schwimmenden Samen vom Anbau aus. Die Aussaat erfolgt mit der Hand oder mit Hilfe von Maschinen, und zwar in Reihen, deren Abstand je nach der zu kultivierenden Varietät und je nach der Bodenbeschaffenheit wechselt.

Ungefähr zweieinhalb Monate nach dem Aussäen fangen in Nordamerika die Baumwollstauden an zu blühen und vom Blühen bis zum Öffnen der Kapseln verstreichen durchschnittlich 50 Tage; im Juli bei einer Mitteltemperatur von $26^1/_3{}^0$ C blühende Varietäten haben oft kürzere Reifezeit, im Spätsommer oder im Herbst blühende brauchen oft mehr als 65 Tage zum Reifen.

Da die Baumwollpflanze längere Zeit blüht, erfolgt begreiflicherweise die Reife der Fruchtkapseln einer Staude nicht zu gleicher Zeit; daher wird auf ein und demselben Felde mehrmals geerntet und die Ernte erstreckt sich auf mehrere Monate (90—100 Tage). Die Ernte der Baum-

wolle besteht darin, daß der Pflücker aus den aufgesprungenen Kapseln die herausquellenden Samenhaare samt den Samen mit einem Handgriff herauslöst. (Bei der in Vorderasien angebauten, meist recht minderwertigen, kurzstapeligen, levantinischen Baumwolle, *Gossypium herbaceum*, kann allerdings die Wolle den Kapseln nicht schon auf dem Felde entnommen werden, sondern es müssen die ganzen Kapseln, da sie sich nicht recht öffnen, geerntet und in kleinen Trommeln gelockert werden, ehe es möglich ist, die Samenhaare mit den Fingern herauszulösen.) Ein Pflücker erntet im Durchschnitt in einem Tag 100 Pfund (zu 453,5 g), kann es aber unter besonders günstigen Umständen auch bis auf das Dreifache bringen. Wären alle Baumwollkapseln zu gleicher Zeit reif, so wäre eine ungeheure, nicht aufzubringende Zahl von Arbeitern auf einmal nötig, um mit Handarbeit die Ernte hereinzubringen. Es ist daher bezüglich der Arbeiterzahl ein großer Vorteil, daß die Baumwollfrüchte nicht zu gleicher Zeit reifen. Für die Anwendung von Pflückmaschinen ist allerdings die ungleiche Reifezeit der Kapseln im gleichen Felde wieder ein starker, die Rentabilität in Frage stellender Nachteil. Man hat nämlich, um die relativ hohen Kosten der Ernte mittels Handbetrieb herabzusetzen, schon eine Anzahl Baumwollpflückmaschinen konstruiert; aber mit Rücksicht auf den früher erwähnten Umstand scheint sich noch keine vollständig bewährt und eingebürgert zu haben.

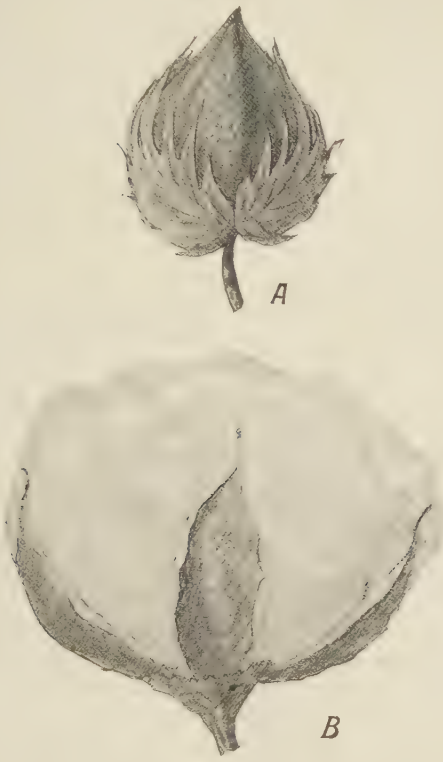


Abb. 17.
Baumwollfrucht. *A* Geschlossene Kapsel von *Gossypium barbadense*. *B* Aufgesprungene Kapsel von *Gossypium herbaceum*. Natürl. Größe.

Die geerntete Baumwolle, die aus den Samen und den daran haftenden Samenhaaren besteht, muß nun gut getrocknet und in trockenen Räumen aufbewahrt werden, damit die Trennung der Samenwolle von den Samen leichter durchgeführt werden kann. Die durch dieses Entkörnen (Egrenieren, Ginnen) erhaltene Samenwolle wird als Lint, Lintwolle (Lintbaumwolle) bezeichnet.

Das Gewicht der Samen und Samenhaare einer Kapsel geht nach Freeman [in Fruwirth (244)] von 2—3 g bei manchen Sea-Island- und ägyptischen Formen bis zu 10 g bei manchen in Texas zu findenden großkapseligen Formen von Uplands. Nach Schanz (622) geben 100 Pfund Upland-Rohbaumwolle 65 Pfund Samenkörner und 35 Pfund Faser, 100 Pfund Sea-Island-Rohbaumwolle aber nur 25 Pfund Reinbaumwolle. Die Erträge pro Hektar gibt M. Passon (538), S. 63 folgendermaßen an:

	Rohbaumwolle	Reinbaumwolle
Italien . .	150 kg	50 kg
Indien . .	360—390 kg	120—130 kg
Venezuela .	800—1150 kg	260—382 kg
Pernambuco	1000 kg	335 kg
Bahia . .	800—1200 kg	266—400 kg

Auf den Antillen soll die Ernte an Rohbaumwolle in einzelnen Fällen 2000 kg pro Hektar übersteigen.

Durchschnittlich besteht die Samenwolle dem Gewicht nach aus zwei Drittel Samen und ein Drittel Lint. Es ist gelungen, bei einzelnen hochgezüchteten Upland-Formen zu erzielen, daß die Samenwolle aus 42 % Lint und 58 % Samen besteht, während bei manchen ungezüchteten Formen der alten und neuen Welt der Prozentgehalt an Haaren nur 20 bis

25 % beträgt [Fruwirth (244)]. Selbstverständlich kann nicht die ganze Wolle der Kapseln gewonnen werden; bei Abscheidung der Faser ergeben sich mehr oder weniger große Verluste.

Das Entkörnen der Baumwolle erfolgte ursprünglich lediglich mit der Hand, später benutzte man für diesen Zweck eine primitive mechanische Einrichtung (Churka, Tschurkha), die in gewissen Distrikten Indiens noch heute verwandt wird und aus einem einfachen Holzgestell (Bock) mit zwei aufeinanderliegenden, durch eine Kurbel in entgegengesetzter Richtung in Drehung versetzten Holzwalzen besteht. Zwischen diesen Walzen muß die Rohbaumwolle hindurchgehen, wobei die Samen abgesprengt werden. Die Menge der mit diesem Handgerät in einem Tag erhaltenen Faser wird nur mit etwa fünf Pfund gereinigter Faser angegeben, ist also relativ gering, wenn auch dabei die erhaltene Faser gleichmäßiger und weniger beschädigt ist als die durch die heute fast überall angewandte, von Whitney 1793 erfundenen Säge-Egreniermaschine (Sägegin) erhaltene.

Die Wirkungsweise dieser modernen Entkörnungsmaschine, deren eingehende Schilderung nicht Sache dieses Werkes sein kann, besteht im Prinzip darin, daß durch eine Reihe von auf einer gemeinsamen Welle befestigten rasch rotierenden Kreissägeblättern, die durch die Zwischenräume eines gebogenen, die Samen nicht durchlassenden Rostes greifen, die Fasern von den Samen losgerissen werden. Durch eine Bürstenwalze wird dann die von den Sägezähnen durch den Rost mit hindurchgezogene Lintwolle von den Sägeblättern abgenommen, in einen Sammelraum gebracht und dann der Reinigungsvorrichtung zugeführt.

Für langstaplige (langhaarige) Rohbaumwolle eignet sich die Säge-Egreniermaschine zum Entkörnen nicht, da durch die rasch rotierenden Sägeblätter die Fasern stark angegriffen, zum Teil zerrissen werden. Die Egrenierung solcher Wollen erfolgt rationeller auf einer Walzen-Egreniermaschine (Walzen- oder Rollergin), die im Wesen eine entsprechend vervollkommnete alte indische Churka darstellt.

In neuerer Zeit bemüht man sich, die beiden genannten Egreniermaschinen, die die Fasern immerhin noch etwas beschädigen, durch solche zu ersetzen, bei denen durch Saugwirkung eine Loslösung der Samenhaare von den Samen herbeigeführt wird.

Das Egrenieren gelingt am leichtesten bei den Wollen von *Gossypium barbadense*, am schwierigsten bei den Arten (z. B. *G. herbaceum*), die eine dichte Grundwolle besitzen. Bei der ersteren lösen sich die Haare sehr leicht von den Samen ab, während bei der letzteren eine größere Kraftanstrengung hierzu erforderlich ist. Die bei der Abscheidung solcher schwer zu entkörnenden Wollen sich ergebenden Widerstände haben zur Folge, daß auch Samenfragmente in die Wolle übergehen, überhaupt ein unreineres Produkt zustande kommt.

Das Ernten, beziehungsweise das Ausnehmen der Wolle und das Egrenieren werden in den verschiedenen Produktionsländern mit größerer oder geringerer Sorgfalt vorgenommen: es entstehen auf diese Weise reine, fast nur aus Samenhaaren bestehende, und unreine Sorten, die neben den Samenhaaren noch Bruchstücke der Kapsel, Samenfragmente, auch wohl Samen, Stengelteile u. dgl. m. enthalten. Sehr unrein ist z. B. die kolumbische, sehr rein die Wolle von Réunion und besonders die gute, langstaplige nordamerikanische Baumwolle. Es ist schon oben angegeben worden, warum die Wolle von *Gossypium barbadense* beim Egrenieren reiner ausfällt als die von *G. herbaceum*.

Da die Baumwolle ein großes Volumen einnimmt, wird die entkörnte Wolle für die Zwecke des Transportes mittels Schraubenspindelpressen, heutzutage aber meist durch vertikale, hydraulische oder Dampfzylinderpressen zu Ballen gepreßt, die entweder gleich die erforderliche Größe und das entsprechende Gewicht haben oder zunächst als sogenannte »Pflanzerballen« ein größeres Volumen aufweisen und dann durch eine zweite Pressung in besonderen Anlagen (Compresses) — ein allerdings den Baumwollpreis erhöhendes, zwischen Pflanzer und Händler eingeschobenes Zwischenglied — auf das erforderliche Volumen reduziert werden.

Das Gewicht der Ballen in den einzelnen Produktionsländern ist nicht gleich, aber auch in den einzelnen Provinzen desselben Produktionslandes ist häufig das Gewicht verschieden. Das Durchschnittsgewicht wird für ägyptische Ballen mit 740 lb, für indische und afrikanische mit 400 lb, für amerikanische mit 524 lb angegeben. Zur Verpackung werden Säcke, in Amerika gewöhnlicher Jutestoff (Burlap) oder schwere baumwollene »Osnaburgs« verwendet, in Indien Jutestoff aus Kalkutta (Gunny cloth), und zum Zusammenhalten werden Bandeisen benutzt. Von der Spinnindustrie werden im allgemeinen die vierkantigen Ballen bevorzugt, so daß sich Rundballen bisher nicht einbürgern konnten.

Über die Verwertung des wichtigsten Nebenprodukts bei der Baumwollgewinnung, die Baumwollsamen, siehe unter »Fette und fette Öle«. Ehe die mit Grundwolle versehenen Samen den Ölmühlen zugeführt werden, werden sie durch eine Säge-Egreniermaschine mit enger gestellten Zähnen (Linter-Gin) von dem Faserflaum befreit, den man als »Linter« oder als »Virgofasern« (bestehend aus Grundwolle, Basthaaren und Resten der Samenhaare) in der Textilindustrie und in der Papierfabrikation verwertet.

Über die zahlreichen Krankheiten und Schädlinge der Baumwollpflanze siehe Winkler (776, S. 134) und Beauverie (69, S. 303) und die verschiedenen Werke über Pflanzenpathologie.

Geschichtliches. Über die Anfänge der Baumwollkultur ist wenig Sicheres bekannt, desgleichen über die Benutzung dieses Spinn- und Webstoffes in den ältesten historischen Epochen. Behauptet wurde allerdings nach beiderlei Richtungen vieles und manches davon gilt als feststehend. Allein strengen wissenschaftlichen Forschungen konnten viele dieser landläufigen Behauptungen nicht standhalten.

Die Baumwolle der alten Welt ist zweifellos indischen Ursprungs. Was an echten Baumwollstoffen bei Arabern, Persern, Ägyptern, Griechen und Römern verwandt wurde, kam entweder als Gewebe oder als Rohstoff aus Indien oder ist das Produkt von Kulturpflanzen, die von der indischen Baumwollpflanze (*Gossypium herbaceum*) abstammen.

Nach Mitteilungen, die J. Wiesner L. v. Schröder verdankte, wird die indische Baumwolle (Kârpâsa im Sanskrit) mit Sicherheit zuerst in den jüngsten vedischen Schriften, den sog. Sûtras, und zwar schon in Verbindung mit der Erzeugung von Gewändern (vâsas) erwähnt (Açvalâyana Çrâutasûtra 9, 4; auch Lâtyâyana 2, 6, 1; 9, 2, 14; beiläufig 500 bis 600 Jahre v. Chr.). Die Angabe Watts [Dictionary (748) IV (Kalkutta 1890), S. 43], daß die erste Erwähnung der Baumwolle sich wahrscheinlich erst in den Institutionen des Manu finde (II, Nr. 44; Periode des klassischen Sanskrit, indisches Mittelalter), ist somit im Sinne obiger Angabe richtigzustellen. Auf Watts Vermutung, daß vielleicht schon im Rig-Veda (also 1500—2000 v. Chr.) von Baumwolle die Rede sei, ist kein Gewicht zu legen. Nach v. Schröder ist nämlich die betreffende Stelle bei Watt unrichtig übersetzt. — In Verbindung mit upavîta (Brahmanenschnur) erscheint die Baumwolle zuerst in Manu, II, 44. Sichere Nachrichten über indische Baumwolle gehen also über die Zeit von 500—600 v. Chr. nicht hinaus.

Die erste sichere Angabe über die Baumwollkultur verdanken wir Theophrast, der (in Hist. Plant., IV, c. 4, S. 132, ed. Schneider) sagt: »Die Bäume, aus denen die Inder Kleider machen, haben Blätter ähnlich denen des Maulbeerbaums; aber die ganze Pflanze ähnelt der Heckenrose. Sie pflanzen sie in der Ebene in Reihen, so daß sie in der Entfernung wie Weinstöcke aussehen.«

Die Angaben über Baumwollgewebe der alten Kulturvölker stützen sich zumeist auf Deutungen der Ausdrücke *βύσσος*, byssus der Griechen bzw. Römer und des semitischen Wortes keton, auf das die modernen Bezeichnungen coton, cotton, cottone, Kattun usw. zurückzuführen sind. Aber das Wort byssus ist ebenso vieldeutig wie das Wort keton und kann ebensogut Baumwolle wie Leinen oder auch einen anderen Spinnstoff (Seide, Muschelseide) bezeichnen [Pauly (540, III. 1899, S. 1108)].

Von den am meisten verbreiteten Angaben über alte Baumwollgewebe seien hier folgende hervorgehoben. Die von

Alexander dem Großen aus Indien mitgebrachten Stoffe (Gangesstoffe = *γαγγητικαι σινδόνες*) sollen durchweg Baumwollstoffe gewesen sein. Die ägyptischen Priester trugen Baumwollgewänder. In neuerer Zeit ist aber wahrscheinlich gemacht worden, daß diese Kleider aus Leinenfasern gewebt waren [Pauly (540, III. 1899, S. 1108 ff.] Joseph soll von Pharao ein baumwollenes Gewand erhalten haben. Die Ägypter, Römer und Griechen haben angeblich die Baumwolle nicht nur als Spinn- und Webstoff, sondern auch zur Füllung von Polstern (*τύλη* = Pfühl) benutzt. Es ist aber wenig wahrscheinlich, daß ein offenbar kostbarer Webstoff wie die Baumwolle, der zeitweilig mit Gold aufgewogen worden sein soll, als Füllmaterial gedient habe. Es liegt auch hier wohl eine Verwechslung mit einem anderen Faserstoff vor. Die aus Malta nach Rom gebrachten feinen Webereien sollen baumwollene gewesen sein. Nach neueren historischen Forschungen ist dies aber nur eine Vermutung [Blümner, Technologie der Gewerbe und Künste bei den Griechen und Römern (91). Leipzig, I (1875), S. 188, 2. Aufl., I (1912), S. 199].— In China soll schon unter Kaiser Yao (2300 v. Chr.) Baumwolle verwendet, ja sogar gebaut worden sein. Nach neueren Feststellungen wurde aber die Baumwollkultur nicht, wie häufig angegeben wird [z. B. bei Semler (664), III, S. 502], 200 Jahre v. Chr. in China eingeführt, sondern erst unter der Regierung Kubitai Châns (1257—1294) aus Ma'bar (im südlichen Indien) dahin gebracht (Ztschr. d. morgenländ. Gesellsch. I, S. 224).

Bezüglich des altsemitischen Wortes Kettân geht die Meinung von Prof. Dr. Dav. Heinr. Müller dahin, daß es nichts anderes als Leinen bedeutet (nach Mitteilung an J. v. Wiesner). Es ist aber unentschieden, ob der Stoff »šeš« (hebräisch, im Ägyptischen schens), aus dem die Kopfbinde und der Leibrock des Hohenpriesters angefertigt wurden, Leinen oder Baumwolle gewesen ist. Nach der Ansicht des genannten Forschers ist die Deutung des (Josua 2, 6) genannten Baums »pištim« als »Baumwolle« irrig; darunter ist vielmehr »Flachsstengel« zu verstehen.

Nur genaue materielle, besonders mikroskopische Untersuchungen sind imstande zu beweisen, aus welcher Faser ein als byssus, keton usw. bezeichnetes Gewebe besteht. Solcher Untersuchungen liegen aber bisher nur wenige vor. Ich nenne hier nur die wichtigsten. Herodot (Mitte des 5. Jahrhunderts v. Chr.) bezeichnete die Mumienbinden der Ägypter als *βύσσος*. Man deutete diesen Ausdruck lange als Baumwolle und fast bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts hielt man die Mumienbinden für Baumwollgewebe. Schon vor längerer Zeit ist aber diese Deutung als irrig erkannt worden [Thomson in Liebig und Wöhler, Annalen (1849), Bd. 69]. Später mit größerer Sachkenntnis ausgeführte Untersuchungen [Unger (729)] haben die Angaben Thomsons bestätigt und beweisen mit unumstößlicher Gewißheit, daß die Mumienbinden durchweg Leinengewebe sind. — Die mikroskopischen Untersuchungen der ältesten arabischen und späterer europäischer Papiere (Wiesner) haben gelehrt, daß die bis in die achtziger Jahre des 19. Jahrhunderts behauptete Existenz von aus roher, nämlich unversponnen gebliebener Baumwolle erzeugtem Papier (charta bombycina) in das Reich der Fabel zu verweisen ist, daß vielmehr alle sog. Baumwollpapiere aus Leinen- und Hanfhadern (Lumpen) erzeugt wurden.

In dem Werke Karabačeks über das arabische Papier (403) wurde auf Grund eingehender historisch-linguistischer Studien gezeigt, daß die aus arabischen Quellen entnommenen Daten über Papiererzeugung mit dem Resultat der eben genannten mikroskopischen Untersuchung in vollkommenem Einklang stehen.

Der Zusammenhang der römischen und griechischen baumwollenen Gewandstoffe mit dem indischen Rohmaterial ist mehrfach aus sprachlichen Gründen abgeleitet worden. Worte wie carbasa und ähnliche, die man für bestimmte Gewebe benutzte, wurden auf den oben schon genannten Sanskritnamen Kârpâsa zurückgeführt. »Kârpâsa« bedeutet ausschließlich Baumwolle, nämlich den Faserstoff, hingegen »Kârpâsi« die Baumwollpflanze.

Bei Plinius erscheint zuerst ein in Spanien erzeugtes Gewebe, »carbasa« genannt. Die Ausdrücke *κάρπασος* und carbasus bei Griechen und Römern deuten

auf Baumwollgewebe hin, die aus Indien stammten. Als diese Worte sich im Griechischen und Lateinischen einbürgerten, teilten sie das Schicksal der Worte byssus und keton und wurden mehrdeutig. Mit diesen Worten ist sowohl Baumwolle als (später) Leinen bezeichnet worden und mehrfach haben sie nur die Bedeutung von Zeltstoff oder Segel [Pauly (540) im Artikel Baumwolle von Wagler].

Die Frage des Alters der Baumwollkultur in Ägypten scheint noch offen zu sein. Nach Brandes (123) soll 500 Jahre vor unserer Zeitrechnung in Oberägypten Baumwolle gebaut worden sein und sollen die Griechen und Römer zu dieser Zeit bereits die daraus bereiteten Gewebe gekannt haben. Auch dieser Arbeit fehlt die materielle Grundlage, weshalb ihre Resultate mit Vorsicht aufzunehmen sind. Immerhin bleibt es auffällig, daß Daten über die Kultur der Baumwolle in Ägypten aus der Zeit des Mittelalters fehlen und in dieser Zeit die Baumwolle nicht unter den Handelsprodukten Ägyptens erscheint [Haid (363)].

Ebenso sichergestellt wie die alte indische ist auch die alte Baumwollkultur auf südamerikanischem Gebiet. Die mikroskopische Untersuchung von aus alten peruanischen Gräbern stammenden Textilstoffen hat unzweideutig gelehrt, daß die alten Peruaner die Baumwolle als Spinn- und Webstoff kannten. Sie verwendeten teils weiße, teils braune Sorten [Wittmack (782)]. Zur Zeit der Eroberung Perus durch die Spanier (1532) stand dort die Baumwollkultur schon in hoher Blüte.

Auch im alten Mexiko war die Baumwolle neben der Agavefaser das gewöhnliche Spinn- und Webmaterial; andere Spinn- und Webstoffe scheinen den Azteken nicht bekannt gewesen zu sein.

Es ist eine höchst merkwürdige Erscheinung, daß ein heutzutage zu den wichtigsten technischen Rohstoffen der Welt gehöriger Faserstoff wie die Baumwolle vor nicht ganz zweieinhalb Jahrhunderten bei den führenden europäischen Nationen noch ziemlich unbekannt war.

Die Baumwollindustrie beginnt erst am Ausgang des 18. Jahrhunderts sich zu entwickeln. Bis zu den siebziger Jahren des 18. Jahrhunderts hat man in erheblichen Mengen wohl Baumwollgewebe aus Indien nach Europa, vorzugsweise nach England, gebracht; rohe Baumwolle war aber zu dieser Zeit und auch früher nicht Gegenstand der Einfuhr nach England. Am Schluß des 16. Jahrhunderts brachten die Holländer rohe Baumwolle nach Europa, die in Gent und Brügge verwebt wurde; die so erhaltenen Produkte sollen den indischen Geweben nicht nachgestanden haben. Was damals an roher Baumwolle nach England gelangte, war für die Textilindustrie von ganz untergeordneter Bedeutung. Man konnte dort aus Baumwolle noch keine feste Kette machen und verwandte hierzu Leinengarne. Erst im Jahr 1772 wurden in England die ersten Gewebe aus reiner Baumwolle verfertigt. Von dieser Zeit an begann die Einfuhr von Baumwolle nach Europa. Schon im Jahr 1782 wurden mehr als 33 000 Ballen Baumwolle allein nach Großbritannien gebracht.

Die Länder, die zur Zeit des Beginns des europäischen Baumwollhandels erhebliche Mengen dieser Ware nach Europa brachten, waren die Levante und Mazedonien [T. Beckmann (74)], Cayenne, Surinam [s. Fermin (228)], Guadeloupe und Martinique. Länder, die heute für den europäischen Baumwollhandel in erster Linie genannt werden müssen, wie Nordamerika, Indien, Ägypten, kamen damals noch kaum in Betracht. Indien führte damals allerdings, wie oben angeführt, Baumwollgewebe aus. Der Rohstoff blieb aber im Lande und nur von der Küste von Coromandel brachte man Baumwolle nach Europa. Ägypten konnte damals seinen eigenen Bedarf noch nicht decken und kaufte Baumwolle aus Cypern und Kleinasien. In Nordamerika wurden allerdings schon im Jahr 1770 Versuche [die allerersten Versuche sollen schon 1680 im Staate Karolina vorgenommen worden sein (Glafey, 253)] mit der Kultur der Baumwollpflanze gemacht. Es dauerte indes noch einige Zeit, bis dort der Baumwollbau erstarkte. Aber schon im Jahr 1800 stieg die Produktion auf 9 Millionen Kilogramm [Semler (664), III]. Von da an ging es mit der amerikanischen Baumwollkultur rasch aufwärts, bis der amerikanische Bürgerkrieg zu einem plötzlichen Sturz der Produktion führte. Es folgte

die Periode des »Baumwollhungers«, in welcher in allen tropischen und subtropischen Ländern, ja über diese weit hinaus, die Baumwollpflanze in Kultur genommen wurde. Vielfach mit lohnendem Erfolge, der auch heute noch manchem Lande erhalten blieb, wenngleich, namentlich durch lokal vorteilhaftere andere Kulturen (s. bezüglich Tahiti unten S. 511), ein Rückgang in der Produktion der Baumwolle in vielen Gebieten sich einstellte. Aber Nordamerika hat seine Stellung als wichtigstes Produktionsland der Baumwolle nicht nur zurückerobert, sondern bringt jetzt eine noch größere Menge dieser wichtigsten Ware des Welthandels (King Cotton!) hervor als vor dem Bürgerkriege. Aus der mit Sorgfalt geleiteten Baumwollstatistik der Vereinigten Staaten ist zu ersehen, daß dort in dem Jahrzehnt vor dem Sezessionskrieg 13 000 Millionen Kilogramm Baumwolle geerntet wurden, gegenüber 20 000 Millionen Kilogramm in dem Jahrzehnt nach dem Kriege.

Wie rasch sich in den Vereinigten Staaten Nordamerikas die Baumwollkultur entwickelte, zeigt folgende Übersicht der Ernten [Steuckart (681, S. 30; Glafey (253)].

1790 . . .	5 000	Ballen
1854 . . .	3 035 000	„
1856 . . .	3 645 000	„
1860 . . .	4 824 000	„
1866 . . .	2 314 000	„
1867 . . .	2 204 000	„
1870 . . .	3 155 000	„
1874 . . .	4 170 000	„
1880 . . .	5 757 000	„
1890 . . .	7 313 000	„
1893 . . .	6 717 000	„
1900 . . .	9 439 000	„
1904 . . .	10 124 000	„
1905 . . .	13 557 000	„
1906 . . .	11 320 000	„
1907 . . .	13 551 000	„
1908 . . .	11 582 000	„
1910 . . .	10 651 000	„
1911 . . .	12 132 000	„
1912 . . .	16 138 000	„
1913 . . .	14 129 000	„
1914 . . .	14 610 000	„
1915 . . .	15 067 000	„
1916 . . .	12 953 000	„
1918 . . .	11 700 000	Ballen
1921/22 . .	7 900 000	„
1923/24 . .	10 139 671	„
1924/25 . .	13 627 936	„
1925/26 . .	16 085 905	„

Die Ernte 1926 wird im Juli auf etwa 15 600 000 Ballen geschätzt.

Während des Baumwollhungers hat Indien in der Kultur der Baumwollpflanze die größten Fortschritte gemacht. Vom Jahr 1815, als die indische Baumwolle zuerst in größerer Menge nach Europa gebracht wurde, bis zum Jahr 1861 stammten nur 9—25 % der in Großbritannien verarbeiteten Baumwolle aus Indien, die Menge der amerikanischen Baumwolle betrug damals 46—84 %. Zur Zeit des amerikanischen Bürgerkrieges stieg die Menge der aus Indien nach England gebrachten Baumwolle auf 40—50 %, während die Menge der aus Nordamerika kommenden auf 42, ja zeitweise auf 7 % sank.

Während aber in Amerika die der Baumwollkultur gewidmeten Anbauflächen im Laufe der Jahre in bedeutendem Maße zugenommen haben, zeigt Ostindien nur ein langsames Ansteigen der Anbauflächen und des Ernteertrages.

Die ostindische Gesamternte betrug [Steuckart (681); König]:

1898 . . .	3 100 000	Ballen
1899 . . .	3 477 000	„
1900 . . .	2 613 000	„
1901 . . .	3 300 000	„
1902 . . .	3 431 000	„
1905 . . .	4 061 000	„
1907 . . .	5 195 000	„
1908 . . .	4 303 000	„
1910 . . .	4 502 000	„
1912 . . .	4 078 000	„
1913 . . .	4 610 000	„
1914 . . .	5 066 000	„
1915 . . .	5 209 000	„
1916 . . .	3 735 000	„
1917 . . .	4 502 000	„
1918 . . .	4 036 000	„
1919 . . .	3 972 000	„
1920 . . .	5 796 000	„
1921 . . .	3 600 000	„
1922 . . .	4 485 000	„
1923 . . .	5 073 000	„
1924 . . .	5 162 000	„
1925 . . .	6 141 000	„

Die nachfolgenden Zahlen sollen ein Bild von der Gesamtproduktion der Baumwolle auf der ganzen Erde und von dem Anteil geben, der jetzt den wichtigsten baumwolleliefernden Ländern zufällt. Die Zahlen bedeuten Ballen zu 500 Pfund Nettogewicht [Tropenpflanzer (15) 1909, S. 438].

1904 . . .	18 803 000	Ballen
1905 . . .	15 747 000	„
1906 . . .	19 942 000	„

Im Jahre 1915 schätzte man die Welternte auf ungefähr 28 Millionen Ballen, 1922/23 (nach den Schätzungen des »Deutschen Baumwollhandbuches«) auf rund 21 Millionen Ballen gegen rund 19 Millionen Ballen im vorhergehenden Jahr. Die Gesamternte 1925/26 dürfte mit fast 30 Millionen Ballen die Welternte 1914/15 etwas übertreffen. Die Schätzungen verschiedener Institute stimmen aber meist nicht ganz überein.

Dem Gewicht nach soll die Weltbaumwollernte 1922/23 nach den Schätzungen des »Internationalen Landwirtschaftl. Instituts« in Rom 3,6 Millionen Tonnen gegen knapp 3 Millionen Tonnen im vorhergehenden Erntejahr und 4,2 Millionen Tonnen Durchschnittsernte der Jahre 1909—1913 betragen haben [Leipziger Monatsschr. (24) 39, 1924, S. N. III, S. 57].

Für das Jahr 1914/15 wurde die Produktion der Baumwolle in einzelnen Ländern mit folgenden Zahlen angegeben [Tropenpflanzer (15) 1919]:

Vereinigte Staaten (Rekordernte)	16 984 000	Ballen
Indien	4 186 000	„
China	2 500 000	„
Ägypten	1 285 000	„
Rußland	1 126 000	„
Brasilien	400 000	„
Persien	150 000	„
Türkei	125 000	„
Mexiko	75 000	„
Sudan	16 000	„
Niederländisch-Indien .	15 000	„
Südamerika (ohne Peru und Brasilien) . . .	14 000	„
Europa	12 000	„
Französisch-Indochina .	9 000	„
Japan	7 000	„
Philippinen	6 000	„
Australien	1 000	„

Seither war in den Vereinigten Staaten die Baumwollerzeugung infolge der geringeren Erträge pro Hektar zurückgegangen, wie folgende Durchschnittszahlen deutlich zeigen.

Durchschnittserträge pro Hektar in Prozent:

Vereinigte Staaten	1909/13	1921/22	1922/23
Nordamerikas .	2,0	1,4	1,6
Britisch-Indien . .	0,9	1,1	1,0
Ägypten	4,5	3,6	4,0

Die Ursache der geringeren Ernte von Nordamerika, die 1909/13 mit einem Durchschnitt von 2,8 Millionen Tonnen, 1921/22 mit 1,72 Millionen Tonnen und 1922/23 mit 2,1 Millionen Tonnen geschätzt wurden, lag vor allem in den großen Schäden durch Wurmfraß (insbesondere durch den Kapselrüßler, Bollweevil, Anthonomus grandis), dessen erfolgreiche Bekämpfung erst eine Besserung in der Baumwollproduktion Nordamerikas möglich machte. Nach neueren Berichten soll man bei der Bekämpfung dieses gefährlichen Schädlings mit einem Petroleumderivat, das den vom Baumwollrüsselkäfer befallenen Pflanzen in fein zerstäubter Form zugeführt wird, gute Erfolge erzielt haben. Durch entsprechende Bekämpfung, aber wohl vor allem durch Verkettung verschiedener günstiger Witterungsumstände ist der Baumwollschädling 1924 sehr zurückgegangen und es wurde in diesem und dem darauffolgenden Jahre dank dem guten Wetter eine Rekordernte erzielt, die der von 1914/15 nahekommt, bzw. diese übertrifft.

Im Gegensatz zum seinerzeitigen Rückgang der amerikanischen Ernte zwischen 1921 und 1923 wies die Ernte in Britisch-Indien einen deutlichen Aufschwung auf.

England bemüht sich, den Baumwollanbau auch in Gebieten außerhalb Indiens und Ägyptens zu fördern (in welch letzterem Lande durch ein großzügiges Bewässerungssystem [siehe Makvardammvollendung im Jahre 1925] — die Landwirtschaft ist hier wegen der Wasserversorgung gänzlich auf den Nil angewiesen — Bedingungen geschaffen wurden, die noch eine bedeutende Vergrößerung des Anbaugebietes erlauben), um sich im Laufe der Zeit aus dem eigenen Kolonialbesitz vollständig versorgen zu können. So sind

z. B. im Süden von Kartum zwischen dem weißen und blauen Nil bereits $3^1/_2$ Millionen acres mit Sakellaridis angepflanzt. Auch im Sudan, Nyassaland, Uganda wird die Baumwollkultur gefördert. In Südafrika und Rhodesien steht der Baumwollanbau bereits auf hoher Stufe. In Australien (Queensland), wo im Jahre 1920 nur 166 acres (1 acre = 40,47 ar) mit Baumwolle bepflanzt waren, soll nach neueren Berichten die dem Baumwollanbau gewidmete Fläche bereits 100000 acres betragen. Auch in Südamerika und in Russisch-Asien ist man erfolgreich bemüht, die Anbauflächen für Baumwolle zu vergrößern [Leipz. Monatsschr. (24) 39. Bd., 1924, B. III, S. 58]. In Argentinien, wo nach Seckt (656a) bereits 50000 ha mit Baumwolle bepflanzt sind, könnte die Kultur noch bedeutend ausgedehnt werden. Frankreich soll aus seinen afrikanischen Kolonien 1923 3000 Tonnen Baumwolle erhalten haben.

Für die Steigerung des Baumwollanbaus bot die Preisentwicklung der Baumwolle einen starken Anreiz. Der Durchschnittspreis dieses wichtigen Rohstoffes ist an den führenden Marktplätzen der Welt (mit Ausnahme von Alexandrien) im Jahre 1923 mehr als doppelt so hoch gewesen wie in den letzten Vorkriegsjahren. Allerdings ist seither infolge der günstigeren Ernten und der geringeren Aufnahmefähigkeit der Industrie der Preis bedeutend zurückgegangen.

Liverpool middling fair hatte einen Durchschnittspreis in pence pro limb:

1913	7,55
1920	28,59
1921	12,41
1922	13,72
1923 (Ende Juni)	17,32
1924 (12. Juni)	19,24
1926 (23. Juli)	10,06

New Orleans middling in cents pro lb.:

1913	12,68
1920	32,94
1921	14,15
1922	20,45
1923 (Ende Juni)	28,75
1924 (13. Juni)	30,00
1926 (23. Juli)	18,31
1926 (20. Okt.)	12,80

[Leipz. Monatsschr. (24), 1924, S. N. III, S. 58; D. D. Leinenind. (12) 44, 1926].

Für die weitere Entwicklung der Preise der Baumwolle auf dem Weltmarkt wird außer dem Ausfall der Baumwollernten in den Hauptproduktionsgebieten die Menge der Vorräte an Baumwolle, die allerdings vor einigen Jahren infolge der geringeren Ernten und des größeren Verbrauchs eine besorgniserregende Verminderung erfahren hatte, und die Größe des Anbaugebiets von entscheidender Bedeutung sein. [Über eine funktional-statistische Analyse des Baumwollpreises siehe G. Harting (303).]

Der Weltmarkt in Baumwolle wird beinahe ganz von der nordamerikanischen Baumwolle beherrscht, weil diese fast sechs Zehntel der ganzen Weltproduktion darstellt und die baumwollverarbeitenden Industrien der meisten Kulturstaaten daher genötigt sind, einen Großteil ihres Rohstoffbedarfs aus den Vereinigten Staaten zu decken, zumal die beiden anderen Hauptlieferanten für Baumwolle, und zwar Indien und Ägypten, beiläufig nur ein Sechstel, beziehungsweise ein Fünfzehntel der Welternte zu liefern in der Lage waren. Da nun aber die Baumwollindustrie der nordamerikanischen Staaten in steigender Entwicklung begriffen ist, der Eigenbedarf daher noch immer zunimmt, so ist die überlegene wirtschaftliche Stellung Nordamerikas als Hauptlieferant dieses wichtigen Textilrohstoffs, diese Vorherrschaft auf dem Baumwollweltmarkt mit gewissen Gefahren für die Rohstoffversorgung der auf Einfuhr aus der Union angewiesenen Baumwollindustrie der europäischen Kulturstaaten schon längere Zeit verbunden gewesen, ganz abgesehen davon, daß durch schlechte Ernten (infolge ungünstiger Witterung oder Auftreten von Krankheiten an den Baumwollpflanzen) oder schon durch Nichtvergrößerung der Anbauflächen bei dem enormen Eigenbedarf eine bedeutende Preissteigerung und naturgemäß auch ohne Einsetzen einer besonderen Spekulation ein Mangel herbeigeführt werden würde.

Die Zahl der Spindeln in den Baumwollspinnereien im Gesamtgebiete der Vereinigten Staaten Nordamerikas wurde 1884 mit 13,2 Millionen Spindeln, 1890 mit 14,6 Millionen, 1894 mit 15,8 Millionen, 1906 mit 25,5 Millionen, 1909 mit

27,7 Millionen, 1914 mit 31,5 Millionen und 1919 mit 35 Millionen angegeben. [Kolonialwirtschaftl. Komitee: Deutsch-koloniale Baumwolluntersuchungen, Bericht XII., 1910, Glafey (253).] Der Verbrauch an Baumwolle wird in den Jahren 1876/80 mit etwas über $1^1/_2$ Millionen Ballen im Durchschnitt, 1896/1900 etwa mit 3.4 Millionen beziffert und 1920 schon auf über 5 Millionen geschätzt. Der Verbrauch an Baumwolle in Nordamerika für die eigene Industrie ist also verhältnismäßig mehr gestiegen als die Produktion. Da aber auch in Ostindien die Baumwollindustrie an Bedeutung gewonnen hat und dort auch ein Ansteigen des Eigenbedarfs eingetreten ist, so ist verständlich, daß schon Anfang dieses Jahrhunderts auf die Notwendigkeit einer gesteigerten Baumwollerzeugung in den Kolonien der europäischen Mächte, beziehungsweise Einführung der Baumwollkultur in hierzu geeigneten Gebieten, hingewiesen wurde, um nicht die Entwicklung der Baumwollindustrie der europäischen Kulturstaaten in steter Abhängigkeit zu lassen von den Zufälligkeiten der Produktion und wohl auch von der Spekulation in einem einzigen Lande.

Es wurden daher große Anstrengungen gemacht, um den Baumwollanbau in den warmen Ländern außerhalb Amerikas zu heben. In dieser Hinsicht hat besonders das Kolonialwirtschaftliche Komitee in Berlin vorbildlich gewirkt, das in Togo (Mittel- und Südtogo) die Baumwollkultur erfolgreich einführte und dann auch auf andere Kolonien, so z. B. das ehemalige Deutsch-Ostafrika, ausdehnte, wo in weiten Gebieten der Baumwollanbau eine der aussichtsreichsten Kulturen darstellte. Die Ernte in Deutsch-Ostafrika wurde für das Baumwolljahr 1913/14 mit 12 000 Ballen à 250 kg, die von Togo mit rund 2000 Ballen, eingeschätzt.

Dem Beispiel Deutschlands sind dann auch andere Länder gefolgt, die Kolonialbesitz haben, und es wurden eine Anzahl ausländischer Gesellschaften ähnlich wie das »Deutsche Kolonial-Wirtschaftliche Komitee« gegründet, die sich zur Aufgabe machten, neue Gebiete für den Baumwollanbau zu erschließen, so z. B. in Manchester (British Cotton Growing Association, gegründet 1902), Paris (Association Cotonnière Coloniale, gegründet 1903), Mailand (Associazione tra gli Industriali Cotonieri e Borsa Cotona), Lissabon (Associaçao Industrial Portogueza), Brüssel (Association Cotonnière de Belgique) und Hengelo (Vereeniging ter ontwikkeling der Katoencultur in de Nederl. Kolonien). Auch Japan und Rußland haben sich erfolgreich für die Fragen der Baumwollkultur interessiert. Japan kann seinen großen Bedarf an Baumwolle (Verbrauch 1924/25 fast 3 Millionen Ballen) nur zum zwanzigsten Teil mit eigener Baumwolle decken (Erzeugung vor dem Weltkrieg: 38 000 bis 85 000 Ballen; 1921: 130 000, 1923: 150 000 Ballen). Es muß den Bedarf für seine Spinnereien und Webereien hauptsächlich aus Britisch-Indien, den Vereinigten Staaten Nordamerikas und China beziehen. Wie rasch sich in diesem Jahrhundert die japanische Baumwollindustrie entwickelt, geht deutlich aus der Zahl der Spindeln hervor:

1898 . . .	215 000	Spindeln
1913 . . .	2 350 000	„
1919 . . .	3 900 000	„
31. 7. 1921 . . .	4 127 000	„
31. 7. 1924 . . .	4 825 000	„

Für 1913 wurde die Zahl der Webstühle mit 25 400, 1919 mit 43 600 angegeben [D. Deutsche Leinenindustrie (12) 44, 1926, S. 504].

Morphologie der Baumwollhaare.

Die Baumwollfaser ist, wie bereits erwähnt wurde, ein einzelliges, von der Oberhaut des Baumwollsamens ausgehendes Haar.

Es wird gewöhnlich angegeben, daß jede einzelne Baumwollzelle eine kegelförmige Gestalt besitzt, also spitz endet, und ihr größter Querschnitt mit der Basis der Faser zusammenfällt. Nach Wiesners Beobachtungen ist dies nicht richtig.

Wiesner hat bei Haaren von einer Anzahl Baumwollarten in gleichen Abständen die Breite des Querschnitts gemessen und ist zu dem Ergebnis gekommen, daß die Gestalt der Baumwollfaser

beträchtlich von der Kegelform abweicht, da die größte Breite des Haares nicht mit dessen Basis zusammenfällt, sondern, von der Spitze aus gerechnet, meist hinter der Mitte zu liegen kommt. [Nähere Angaben über diese Messungen siehe Wiesner, Rohstoffe (771) III. Aufl., III. Bd., S. 108.]

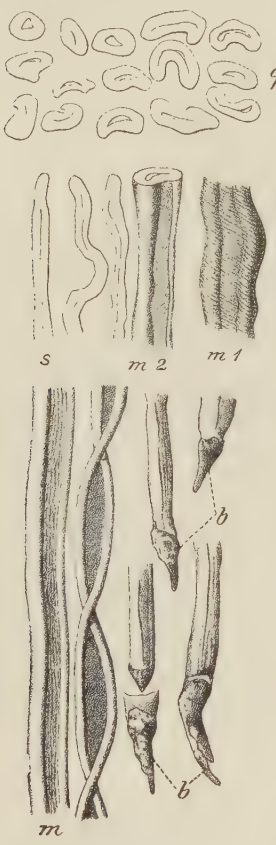


Abb. 18.
Caravonica-Baumwolle. *q* Querschnitte, *s* Spitzen der Baumwollhaare, *m*, m^1, m^2 Mittelstücke, *b* kegelförmig gestalteter Fuß der Haare. Vergr. 300. (Nach T. F. Hanausek.)

Das obere Ende, die Spitze der Baumwollhaare, ist allerdings nicht selten kegelig, bildet also einen Abschluß der Haare, der dem ganzen Verlauf der Faser entspricht. Es kommen aber oft auch sehr typische Abweichungen bei dieser Faser vor, indem sie am Ende abgerundet oder spatelförmig oder kolbenförmig verdickt erscheint. Zumeist ist gerade die Spitze besonders stark verdickt. Oft sind die oberen Enden der Baumwollhaare selbst bei einer und derselben Sorte sehr verschieden gestaltet.

Die Basis der Baumwollhaare zeigt in der Regel keine Besonderheiten; sie entsteht bei der Gewinnung der Baumwolle durch Abbrechen mittels der Egreniermaschine. Einen merkwürdigen Ausnahmefall hat T. F. Hanausek (291) an der in neuerer Zeit oft genannten Caravonicawolle beobachtet. Beim Egrenieren dieser Baumwolle bricht die Faser an ihrem unteren Ende nicht ab, sondern wird mit ihrem natürlichen unteren kegelförmigen Ende (»Fuß« siehe Abb. 18), welches zwischen der Epidermiszelle der Samenschale liegt, häufig ganz unverletzt herausgezogen. Dies scheint für die große Zugfestigkeit dieser Baumwolle zu sprechen. Die Basis dieser Baumwollhaare, der »Fuß«, ist, wie Hanausek zeigte, nach Ausweis der Phlorogluzinprobe verholzt, während die Baumwolle bekanntlich völlig unverholzt ist.

Die Breite der Baumwollfaser ist häufig Gegenstand der Untersuchung gewesen; man hoffte durch Ermittlung dieser Größe nicht nur die Baumwolle von den anderen Fasern zu unterscheiden, sondern auch hierdurch ein Maß für ihren Feinheitsgrad zu erhalten.

Schacht (619, 620) gibt als Grenzwerte für die Breite der Baumwollfasern 12,5—22,5 μ, Bolley (115) hingegen 17—50 μ an. Diese Zahlen sind nicht genau, weil hierbei nicht genügende Rücksicht auf die verschiedenen Sorten genommen wurde, und weil man sich stets damit begnügte, irgendeinen Querschnitt der Faser zu messen, ohne sich durch völlige Durchprüfung sämtlicher an jeder einzelnen zur Messung bestimmten Zelle vorkommenden Breiten darüber Rechenschaft zu geben, ob die gemessene Breite auch die größte Breite des betreffenden Baumwollhaares ist. J. Wiesner (760) hatte früher denselben Fehler begangen und glaubte in den Zahlen 11,9 bis 27,6 μ die wahren Grenzwerte für die Breite gefunden zu haben.

Erneute und sorgfältige Untersuchungen über die maximalen Breiten der Baumwollhaare, an Proben angestellt, deren Stammpflanzen botanisch genau bestimmt waren, haben Wiesner folgende Zahlen ergeben:

Baumwollhaare von:	
Gossypium herbaceum	11,9—22,0 μ
„ *barbadense*	19,2—27,9 „
„ *brasiliense* (= *conglomeratum*)	17,0—27,1 „
„ *brasiliense* (= *acuminatum*)	20,1—29,9 „
„ *arboreum*	20,0—37,8 „
„ *hirsutum var. religiosa* (= *religiosum*)	25,5—40,0 „
„ *flavidum*	29,0—42,0 „

Die maximalen Breiten der bis jetzt untersuchten Baumwollhaare schwanken mithin zwischen 11,9—42,0 μ. Wiesner hat zahlreiche käufliche Baumwollsorten des Handels, deren Stammpflanzen aber nicht genau festgestellt werden konnten, in derselben Richtung untersucht und ist stets zu Zahlen gekommen, die innerhalb der angeführten Grenzwerte zu liegen kamen, so daß er wohl Grund zur Annahme hatte, daß die mitgeteilten Grenzwerte nicht nur für die Wollen der angeführten Gossypium-Spezies, sondern für die Baumwolle des Handels überhaupt Geltung haben.

Bemerkenswert erscheint es, daß die Fasern jeder der oben angeführten Baumwollsorten stets eine bestimmte häufigste maximale Breite besitzen, und daß diese in Verbindung mit den angeführten Grenzwerten für die maximale Breite in der Charakteristik der Baumwollsorten von Wert sind, weshalb wir die von Wiesner gefundenen Resultate hier folgen lassen:

Baumwollhaare von:	Häufigste maximale Breite:
Gossypium herbaceum	18,9 μ
„ *barbadense*	25,2 „
„ *brasiliense* (= *conglomeratum*)	25,5 „
„ *brasiliense* (= *acuminatum*)	29,4 „
„ *arboreum*	29,9 „
„ *hirsutum var. religiosa* (= *religiosum*)	33,3 „
„ *flavidum*	37,8 „

Die Länge der Baumwollhaare ist nicht nur bei verschiedenen Sorten verschieden, selbst die Fasern aus einer und derselben Kapsel wechseln beträchtlich. Da die Länge der Baumwollhaare eins der wichtigsten Kennzeichen der Sorte bildet und auf ihren Wert einen großen Einfluß ausübt, weil ja die Unterscheidung der Baumwolle in lang-, mittel- und kurzstaplige nur auf der Länge der Haare beruht, so muß diese Eigenschaft hier eingehend erörtert werden.

Es läßt sich an jeder Samenkapsel leicht konstatieren, daß die von jedem einzelnen Samen ausgehenden Haare sehr verschiedene Längen besitzen. Selbst in den Kapseln, die langstaplige Wolle liefern, finden sich kurze Haare und von diesen bis zu den längsten, mehrere Zentimeter messenden Fasern herrscht ein kontinuierlicher Übergang. Die verschieden langen Haare sind in gesetzmäßiger Weise an jedem Samen angeordnet. Die überwiegende Mehrzahl der langen Haare findet sich am breiten, die der kürzeren Haare am schmalen Ende des Samens. Es macht infolge dieser Verteilung jeder mit seiner gesamten Wolle aus der Kapsel herausgenommene Samen den Eindruck, als wäre er von einer eiförmig begrenzten Haarhülle umkleidet; gegen die breite Seite des idealen Konturs strahlen die langen, gegen die schmale Seite die kurzen Haare aus; der Same liegt dem schmalen Ende der Eiform zugewendet.

Die Samen der Baumwollpflanzen sind entweder kahl oder mit einer Grundwolle versehen. Im ersteren Fall erscheint der Same glatt und schwarz (*Gossypium barbadense*), im letzteren weiß-filzig, ins Gelbliche neigend (die indischen Baumwollen, von *G. herbaceum* und *G. arboreum*) oder grau bis grünfilzig (*G. hirsutum*). Die Haare dieser Grundwolle haben eine Länge von einem oder wenigen Millimetern, die Breite weicht aber von jener der langen Baumwollhaare nicht wesentlich ab.

Die Grundwolle überzieht nach Wiesner entweder als gleichmäßiger Haarfilz die ganze Samenoberfläche, wie bei *Gossypium arboreum* und *hirsutum*, oder sie findet sich nur an der Spitze und der Basis der Samen vor, wie bei *G. brasiliense* (Syn.: *G. hirsutum* var. *religiosa* Watt). An *G. herbaceum* tritt wohl auf der ganzen Oberfläche des Samens eine Grundwolle auf; diese bildet aber nur an der Spitze und der Basis einen dichten Filz. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß, während die längsten Haare der eigentlichen Wolle am breiten Samenende auftreten, die längsten Härchen der Grundwolle am spitzen Ende vorkommen, wo sie häufig einen dichten Bart bilden. — Alle Samen mit gelber Wolle haben eine intensiv gelbe Grundwolle. Aber auch die Grundwolle der Baumwollsamen, die eine weiße Wolle tragen, ist mehr oder weniger stark gelblich gefärbt. Je weißer eine Baumwollsorte ist, desto weniger gelblich ist die Grundwolle gefärbt. Manche Baumwollsorten tragen Samen, die mit einer smaragdgrünen Grundwolle bedeckt sind; fast typisch tritt diese Färbung an dem kurzhaarigen Überzug der Samen von *Gossypium hirsutum* auf.

Anschließend an Wiesners Beobachtungen über die spezifischen, also nicht durch Übergänge verbundenen Kategorien der die Baumwollsamen bedeckenden Haare hat A. Herzog (340) diese folgendermaßen zusammengestellt:

1. Langfaser, 2. Grundwolle, 3. Barthaare.

Unter Langfasern versteht Herzog die gewöhnlichen langen Haare, die die Hauptmasse des Haarkleides bilden, also die Hauptmasse der in der Textilindustrie verwerteten »Baumwolle« darstellen. J. Wiesner hat diesen Langfasern die Grundwolle gegenübergestellt und wohl die am spitzen Samenende vorkommenden, hier einen Bart bildenden Haare besonders betont, aber sie der Grundwolle untergeordnet.

Herzog hat nun eine eingehende Untersuchung der Grundwolle (in Wiesners Sinne) durchgeführt und gefunden, daß die Haare der die ganze Samenhaut überdeckenden Grundwolle von denen, die den »Bart« zusammensetzen und dem spitzen Teil des Samens aufsitzen, verschieden sind. Erstere hat er als »Grundwolle«, letztere als »Barthaare« bezeichnet.

Die Grundwolle bildet nach Herzog einen gleichmäßigen, filzigen Überzug der Samenhaut, aber ihre Haare stimmen, abgesehen von Länge und Färbung, im wesentlichen mit den Langhaaren überein. Wie schon oben erwähnt, kann die Grundwolle (im Sinne Herzogs) fehlen; die Barthaare scheinen aber niemals zu fehlen.

Die Barthaare sind steif und häufig gefärbt (braun, grün), haben nach Herzogs Studien eine nur wenig entwickelte Kutikula, sind hingegen reich an abgestorbenen Protoplasmaresten, besonders an der Basis der Haare. Im Vergleich zu den Langfasern und den Haaren der Grundwolle sind sie Kupferoxydammoniak gegenüber ziemlich widerstandsfähig. Die unmittelbar unter der Kutikula gelegenen Membranpartien werden von Kupferoxydammoniak noch am stärksten angegriffen, aber es braucht viel längere Zeit, um sie zur Quellung zu bringen, als bei der Membran der gewöhnlichen Baumwollfaser. Auch sind die Kurzhaare reicher an Fett (Rohfett) als die Langhaare.

Die Barthaare der ägyptischen Baumwolle weichen nach A. Herzog in ihren morphologischen Eigenschaften am meisten von den Langhaaren ab, bei den nordamerikanischen Sorten sind die Unterschiede weniger auffallend.

Von technischem Interesse ist nur die Länge der gewöhnlichen Baumwollhaare, die A. Herzog als Langfasern bezeichnet. Die Länge dieser Langfasern ist, wie schon bemerkt, selbst bei jeder einzelnen Sorte je nach Reifungsgrad, Bodenbeschaffenheit und den Witterungsverhältnissen während des Wachstums und besonders während des Reifens, ja innerhalb jeder Kapsel schwankend. Dennoch spricht man von der Faserlänge (Stapel) einer Baumwollsorte und versteht hierunter die Länge eines Faserbüschels, das aus der Wolle herausgenommen wurde, für dessen Stapel die längsten Fasern maßgebend sind. Nach Freeman (S. 214) soll die Stapellänge zwischen 1,2 cm (bei manchen chinesischen Formen) und 6 cm (bei manchen der besten Sea-Island-Formen) variieren.

Wiesner hat folgende häufigsten Werte für die Längen (Stapel) der nachstehenden, botanisch bestimmten und ihrer Herkunft nach bekannten Baumwollsorten gefunden.

Gossypium barbadense,	Sea Island	4,05 cm
„	„ Brasilien	4,00 „
„	„ Ägypten	3,89 „
„	*vitifolium*, Pernambuc	3,59 „
„	*brasiliense* (= *conglomeratum*), Martinique	3,51 „
„	*brasiliense* (= *acuminatum*), Indien	2,84 „
„	*arboreum*, Indien	2,50 „
„	*herbaceum*, Mazedonien	1,82 „
„	*herbaceum*, Bengal	1,03 „

Diese Angaben machte Wiesner bereits in der 1. Auflage dieses Werkes. Später beobachtete er auch an Baumwolle von *Gossypium barbadense* Längen bis 5,1 cm.

Mit obigen Werten stimmen auch die Angaben von Semler (664, S. 508 ff.) über Stapellängen der aus verschiedenen Ländern stammenden Sea Island-Wolle nahezu überein; nämlich Gallini (Ägypten) 3,8 cm, Florida (Festland) 4,0, Florida (Küste) 4,3, Fidschi, Tahiti, Laguayra, Sea Island 4,3 cm.

Ich führe hier auch die von Sadebeck (606, S. 308) ausgeführten Messungen an:

G. barbadense (Sea Island) (von den dem Festland vorgelagerten Inseln, z. B. Galveston)	4,10—5,20 cm
(Festland von Florida)	3,90—4,60 „
(Ägypten)	3,80—3,95 „
G. peruvianum	3,40—3,60 „
G. herbaceum	2,00—2,80 „

Höhnel (374, S. 31) macht über die Dimensionen der wichtigsten Baumwollsorten des europäischen Handels folgende Angaben:

Nordamerikanische Sorten.

	Stapellänge in mm	Dicke in μ
Sea Island (lange Georgia)	28—36	14
Louisiana	20—26	17
Alabama (Mobile)	18—25	17
Florida (Pensacola)	18—25	18
Kurze Georgia (Upland)	18—25	19
New Orleans	17—25	19
Tenessee	17—25	19

Mittel- und südamerikanische Sorten.

	Stapellänge in mm	Dicke in μ
Molinos (Mexiko)	ungleich	ungleich
Pernambuco (Brasilien)	30—38	19
Ceara (Brasilien)	23—30	21
Bahia (Brasilien)	27—36	18
Maragnan (Brasilien)	23—30	—
Surinam (Guayana)	25—30	—
Demerary (Guayana)	23—32	19
Berbice (Guayana)	20—29	—
Cayenne (Guayana)	20—36	19
Varinas (Columbia)	20—27	—
Barcelona (Columbia)	22—29	—
Cartagena (Columbia)	20—28	19
Lima und Payta (Peru)	23—28	—
Haiti (Westindien)	21—23	15
Portorico (Küste)	21—28	—
Guayanilla (Küste)	25—31	15
Cuba (Küste)	21—28	—

Asiatische Sorten.

Surate (Dollerah) (Ostindien)	20—26	20
Madras (Ostindien)	20—26	28
Bengal (Ostindien)	13—22	20
Persische	18—52	23
Nanking	—	25—40

Afrikanische Sorten.

Maco (Jumel), Ägypten	27—36	15
Bourbon	20—27	15

Levantinische Sorten.

Smyrna (Kleinasien)	16—20	24
Mazedonien	15—20	24

Europäische Sorten.

Motril (Spanien)	22—30	17
Castellamare (Italien)	18—22	19

Einige weitere Angaben über die Länge der Baumwollfaser siehe weiter unten bei Besprechung der Stärke der Faser.

Von den Spinnereitechnologen wird langer und gleichmäßiger Stapel besonders geschätzt.

Struktur der Baumwollzelle. Das Baumwollhaar ist, wie oben dargelegt wurde, eine Zelle von etwa kegelförmiger Gestalt, die gegen die Mitte zu mehr oder weniger stark erweitert ist. Der Querschnitt der Baumwolle lehrt, daß sie häufig mehr oder weniger plattgedrückt ist. Manchmal ist die Zelle ziemlich lange

Strecken hindurch zylindrisch geformt, so daß man bei Betrachtung solcher Stellen, namentlich wenn sie stark verdickt sind, die Flachsfaser vor sich zu haben vermeinen könnte. An den Haaren von *Gossypium brasiliense* (= *conglomeratum*) tritt dieses morphologische Verhältnis stellenweise fast typisch auf.

An jeder Baumwollzelle unterscheidet man die Wand und das Lumen oder den

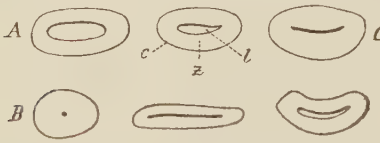


Abb. 19.
Querschnitte durch Baumwollfasern *A* mit gewöhnlichem, weitem, *B* mit linienförmigem, *C* mit flächenförmigem Lumen bez. mit weitlumigem, fadenförmigem und bandförmigem Innenschlauch. *c* Kutikula, *z* Zellhaut, *l* Lumen nach außen vom Innenschlauch begrenzt. Vergr. 500.

lufterfüllten Hohlraum der Zelle. Die Zellwand (Zellhaut) erscheint von einem zarten Häutchen, der Kutikula, überdeckt, die streng genommen nur die äußerste Schicht der Zellwand ist. An die Zellhaut schließt sich nach innen in Form eines häutigen Gebildes der Innenschlauch an, d. i. der Rest des Protoplasmas.

Die Wand der Baumwollzelle hat eine für Pflanzenhaare sehr beträchtliche Mächtigkeit. Sie kann sich in Beziehung auf ihre Dicke nicht mit der Flachsfaser, aber mit sehr vielen anderen Bastfasern messen. Im Vergleich zu den übrigen technisch angewandten Pflanzenhaaren hat die Baumwolle eine geradezu beispiellose Dicke der Wand und infolgedessen eine sehr beträchtliche Festigkeit aufzuweisen. — Die Dicke der Zellwand beträgt gewöhnlich etwa $^1/_3$—$^2/_3$ vom Durchmesser der Zelle. Seltener ist infolge starker Wandverdickung das Lumen der Zelle so eng, daß es in der Längsansicht nur als dunkle Linie erscheint. Es kann aber selbst bei starker Wandverdickung vorkommen, daß die gegenüberliegenden Wandpartien sich berühren, in welchem Falle das Lumen im Querschnitt linienförmig erscheint.

A. Herzog hat zur genaueren wissenschaftlichen Charakterisierung der Faserstoffe die absolute Größe des Einzelfaserquerschnittes bestimmt und dabei auch das Verhältnis der Flächenwandung zu der des Hohlraums entsprechend berücksichtigt, was besonders für die Beurteilung der Festigkeit der Fasern wichtig ist, die Ableitung der metrischen Nummer ermöglicht und ein richtigeres Bild der Feinheit gibt als bloße Breiten- und Dickenangaben.

Über die Querschnittsfläche von Baumwolle macht A. Herzog (352) folgende Angaben:

Baumwolle	Gesamtquerschnittsfläche der Faser $\mu^2 = 0{,}000001\,mm^2$	Querschnittsfläche der Wandung in μ^2	Querschnittsfläche des Hohlraumes in μ^2	in Proz. der Gesamtquerschnittsfläche
Indische	169,4	157,0	12,4	7,3
Indische, Amrah	186,8	175,0	11,3	6,3
Amerikanische, Sea Island	163,4	159,0	4,4	2,7
Amerikanische, Upland	171,1	166,0	5,1	3,0
Afrikanische, Togo	164,9	159,0	5,9	3,6
Afrikanische, Ägypten, »Mitafi«	105,3	102,0	3,3	3,1
Mazedonische	147,0	139,0	8,0	2,3
Chinesische	286,3	276,0	10,3	3,6

F. W. Kuhn (433) hat von einer amerikanischen Baumwolle (Golf- oder Orleans-Baumwolle) Querschnittsmessungen vorgenommen und hat nach elf Bestimmungen 121,6 μ^2 als Durchschnittswert der effektiven Gesamtquerschnittsfläche der Faser, 100,2 μ^2 für die Querschnittsfläche der Faserzellwand, 21,4 μ^2 für die Querschnittsfläche des Lumens festgestellt. Vom Gesamtquerschnitt entfallen 17,4 % durchschnittlich auf das Lumen, im Vergleich zu den Herzogschen Angaben ein großer Prozentsatz.

Durch Säuren und Alkalien wird die Zellwand der Baumwollfaser zum Quellen gebracht; dabei kann häufig (nach Einwirkung entsprechend verdünnter Quellungsmittel wie Schwefelsäure, Kalilauge,

Kupferoxydammoniak) unter dem Mikroskop eine zarte, aber deutliche Spiralstreifung der unter dem äußersten Häutchen der Faser (Kutikula) liegenden Verdickungsschichten nachgewiesen werden. Manchmal ist die Streifung schon beim Einlegen der Faser in Wasser zu beobachten. Die Spiralstreifen der äußeren und der inneren Zellwandschichten stimmen im allgemeinen in ihrer Neigung zu der Längsachse der Faser, manchmal auch in ihrer Richtung nicht überein, stets ist aber nach A. Herzog (354) die Streifung der äußeren Schichten schärfer als die der inneren. Der Winkel, den die äußeren Streifen mit der Längsachse einschließen, schwankt nicht nur bei verschiedenen Baumwollsorten, sondern sogar bei ein und demselben Haare ziemlich bedeutend, und zwar zwischen 0 und 45° (am häufigsten zwischen 20 und 25°). Der Drehungssinn dieser Spiralstreifen soll aber bei ein und demselben Haare häufig einem Wechsel unterworfen sein.

Die Zellmembran des Baumwollhaares wird aus einer größeren Anzahl konzentrisch gelagerter Schichten aufgebaut, die sich physikalisch und chemisch voneinander etwas unterscheiden. Diesen schichtenförmigen Aufbau der Zellmembran konnte A. Herzog besonders schön bei den »Bartfasern« der Baumwollsamen nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak beobachten, wobei er 23 Wandschichten abzählen konnte.

Der vorher erwähnte eigentümliche spiralige Aufbau der Zellwandschichten des Baumwollhaares ist nun nach A. Herzog die Ursache einer morphologischen Eigentümlichkeit der Faser, die gewöhnlich als »korkzieherartige« Drehung bezeichnet wird. Die bandartige, flache Baumwollfaser zeigt nämlich häufig eine Drehung um ihre Längsachse; diese Drehung ist aber durchaus keine gleichmäßige, da gedrehte Stellen häufig mit ungedrehten abwechseln. So beobachtete Wiesner, daß die Haare von *Gossypium brasiliense* (= *G. conglomeratum*) oft ihrer halben Länge nach völlig geradegestreckt sind, daß die oberen und unteren Enden der Haare von *G. arboreum* und *barbadense* gerade, die sich zunächst anschließenden Partien schwach und nur die mittlere Partie stark gedreht ist. Die unveränderten Haare von *G. herbaceum* hatte Wiesner allerdings manchmal von der Spitze bis zum Grunde gedreht gefunden. Die Zahl der Drehungen auf die Längeneinheit ist aber auch nicht gleich. Manche Handelssorten zeigen viele Drehungen auf die Längeneinheit [so z. B. Sea Island (*Gossypium barbadense*) nach Bowman (120) im Mittel 300 auf einen englischen Zoll], während andere [wie die ostindischen (*Gossypium herbaceum*)] mit 150 Drehungen auf 1 Zoll nur wenig dicht gedreht erscheinen. Breitere Faserzonen sind auch weniger gedreht als schmälere.

Von einer »korkzieherartigen« Drehung kann aber bei dem Baumwollhaar nicht gesprochen werden, da die Drehungsrichtung sogar bei ein und demselben Haar häufig wechselt. A. Herzog hat bei einem vollständig erhaltenen Haar einer ägyptischen Baumwolle (Sakelarides) von 257 Drehungen 41¼ % Linksdrehungen, 44¾ % Rechtsdrehungen und 14 % unvollständige Drehungen festgestellt. Der Drehungssinn des Baumwollhaares richtet sich nach dem Drehungssinn der Spiralstreifen der äußeren Verdickungsschichten der Zellmembran, der bekanntlich auch häufig einem Wechsel unterliegt.

Die Drehung ist bei den Baumwollhaaren, solange sie sich noch in der geschlossenen, lebenden Kapsel befinden, nicht zu beobachten. Das Aussehen der Baumwolle gleich nach dem Pflücken ist daher nicht dasselbe wie das des in Hartballen gepreßten Rohstoffs, der in die Spinnereien kommt. Die Drehung der Baumwollfaser ist eine Folge des Austrocknungsprozesses, nach A. Herzog gewissermaßen ein »Werfen« des bandartigen Haares beim Austrocknen. Bei dem eigenartigen Aufbau des Baumwollhaares führen nach Herzog beim Austrocknen die in der Wandung entstehenden Spannungen zu Drehungen, Faltungen und Runzelungen der Faser.

Die Drehung, der häufig wechselnde Drehungssinn und die schon makroskopisch sichtbare Kräuselung der Baumwolle sind wichtige Faktoren, die neben der Oberflächenbeschaffenheit, der Festigkeit, dem Fettgehalt, der Feinheit und Länge die vorzügliche »Spinnstruktur« dieses Faserstoffes entscheidend mitbedingen.

Porenkanäle konnten in der Wand der Baumwolle nicht festgestellt werden. H. de Mosenthal (Journ. Soc. Chem. Ind. 1904) will zwar beobachtet haben, daß die Kutikula der Baumwolle von kleinen Öffnungen durchbrochen sei, doch nach A. Herzog (335) handelt es sich in diesen Fällen wahrscheinlich um »mechanisch deformierte, d. h. etwas zerklüftete Stellen«, die an mechanisch noch nicht beeinflußten Haaren nicht zu finden sind.

Abb. 20.
Baumwolle. *a* Mittelstück von reifen Haaren, *b* schwächeres Haar mit sehr regelmäßiger Drehung, *c* sehr stark verdickte Partie eines Haares, *d* Endstücke, *e* tote Baumwolle. Vergr. 400. (Nach T. F. Hanausek.)

Die Kutikula ist an allen reifen Baumwollhaaren deutlich erkennbar. An den zarten, seidigen Wollen ist sie weniger scharf ausgesprochen als an den groben Sorten. Wie schon seit langem bekannt ist, tritt dieses zarte Häutchen am schärfsten in Erscheinung, wenn man die zu untersuchenden Haare trocken präpariert, d. h. ohne sie in Wasser oder eine andere Flüssigkeit einzulegen, unter das Mikroskop bringt. Die Kutikula erscheint dann als zartes, körniges oder streifiges Häutchen. Bei dieser Art der Beobachtung sieht man bei etwa zweihundertmaliger Vergrößerung in der Richtung der Streifen der Kutikula zarte Interferenzlinien liegen. An gröberen Wollen ist die Kutikula auch scharf ausgeprägt zu erkennen, wenn die Faser in einer nicht allzu stark lichtbrechenden Flüssigkeit, z. B. in Wasser, liegt.

Die Ausbildung der Kutikula ist, wie Wiesner zu beobachten Gelegenheit hatte, an den Wollen verschiedener Gossypium-Arten verschieden. Die deutlichste Ausbildung dieses Häutchens hat er an den Haaren von *G. hirsutum* var. *religiosa, arboreum* und *herbaceum* und der Nankingwolle beobachtet. Die Haare der beiden ersteren sind mit einer ästig gezeichneten, die von *G. arboreum* und *herbaceum* mit einer teils körnigen, teils zart spiralstreifigen Kutikula versehen. Die Haare von *G. brasiliense* (= *G. conglomeratum*) sind größtenteils von einer zart spiralstreifigen, stellenweise auch körnigen oder, und zwar am oberen Ende, von einer völlig strukturlosen Kutikula umkleidet. An den Haaren von *G. barbadense* fand er das obere Ende, etwa 0,5 bis 5 mm lang, und das unterste Ende mit einer völlig glatten, die mittleren Partien teils mit einer zarten, streifigen, teils mit einer zart ästig gezeichneten Kutikula versehen.

Am besten läßt sich die Anwesenheit der Kutikula am Baumwollhaar durch Kupferoxydammoniak nachweisen. Man kann sie durch dieses Reagens auch dann noch auffinden, wenn sie strukturlos ist und der direkten Beobachtung entgeht. Wie zuerst von Cramer (Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1857, S. 395) gezeigt wurde, löst das Kupferoxydammoniak wohl die fast gänzlich aus Zellulose bestehende Zellwand, aber nicht die Kutikula des Baumwollhaares auf. Nach zuerst eintretender starker Aufquellung und späterer Auflösung der Zellwand bleibt die Kutikula in mehr oder weniger wohlerhaltenem Zustand zurück. Cramer und später Wiesner (760, S. 100) haben einige morphologische Veränderungen konsta-

tiert, die das Kupferoxydammoniak an der Baumwolle hervorruft und die darin bestehen, daß die Zellwand stellenweise blasenförmig aufgetrieben wird, indem sich die Kutikula von diesen Stellen loslöst und entweder fetzenweise abgeworfen oder an jenen Stellen, die bei der blasenförmigen Auftreibung des Baumwollhaares eingeschnürt erscheinen, ringförmig zusammengeschoben wird.

A. Herzog (335) schildert den typischen Verlauf der Quellung und Auflösung

Abb. 21.
Ungebleichte Baumwolle in Kupferoxydammoniak. K. Kutikula. Vergr. 80.

nach Einwirkung von Kupferoxydammoniak auf das Baumwollhaar kurz und treffend folgendermaßen: »Rasches Aufdrehen und starke Verkürzung des Haares, Querfältelung der Kutikula, Platzen der letzteren an zahlreichen Stellen, Zusammenschieben der nicht geplatzten Teile zu faltigen Ringen, Querfältelung der etwas widerstandsfähigeren inneren Zellwandpartien, Entstehen von Zellulosebäuchen, die zwischen den Kutikularringen hervortreten, vollständiges Zerfließen der Zellulosewandung und des Innenhäutchens; Rückstände: Kutikula und Eiweiß.«

Alle von A. Herzog geprüften Baumwollsorten des Handels zeigten die beschriebenen Quellungserscheinungen und besonders die charakteristische tonnenförmige Anschwellung der Zellwandung, die bei indischen und ägyptischen Baumwollen und bei der Karavonikabaumwolle besonders schön zu beobachten war. Bei Nankingbaumwolle und bei den Haaren von *G. hirsutum* var. *religiosa* konnte Wiesner die blasenförmigen Aufquellungen der Zellwand nicht beobachten, aber A. Herzog konnte auch bei der erstgenannten Baumwolle die erwähnte Erscheinung, wenn auch weniger prächtig, feststellen.

In der Raschheit der Quellung und des Lösens bei Anwendung gleich konzentrierten Kupferoxydammoniaks verhalten sich nicht alle Baumwollsorten gleich. Nankingbaumwolle wird nach A. Herzog z. B. viel rascher gelöst als indische Baumwolle.

Bei einzelnen Fasern verschiedener Handelsmarken konnte A. Herzog auch ein abweichendes Verhalten bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak beobachten, das darin bestand, daß an einigen Stellen die starkquellende Zellwand die Kutikula an mehr oder weniger kreisförmigen Öffnungen durchbrach und in Form von Halbkugeln herausdrang, und daß nach einiger Zeit die noch vom Kutikulaschlauch umschlossene Zellulose bis auf den Innenschlauch aufgelöst wurde, ohne daß eine Sprengung der Kutikula erfolgt wäre. A. Herzog nimmt an, daß diese Art der Quellung zu den allgemein vorkommenden gehört.

Nach der Einwirkung von Kupferoxydammoniak auf Baumwolle erscheint die Kutikula, die nicht gelöst wird und sich durch Rutheniumrot schön karmoisinrot färben läßt, nach Herzog entweder in Form von zusammengeschobenen Ringen oder von glatten oder gefalteten Streifen oder von schraubenförmig gedrehten Bändern, oder in Form von zylindrischen Schläuchen mit kreisrunden, ovalen oder rissigen Öffnungen in der Wandung.

A. Herzog hat die erwähnten Formen der Kutikula bei den von ihm studierten Sorten fast immer, wenn auch in wechselnden Mengen, beobachtet. Bei indischer und chinesischer Baumwolle fand er auffallend viel Kutikulateile, bei der Upland-, Togo- und Karavonikabaumwolle (seltener bei indischen und ägyptischen Sorten) stellte er Kutikularsäcke fest.

Die Kutikula der Baumwolle ist nicht nur chemisch, sondern auch physikalisch von der eigentlichen Zellwand etwas verschieden, da sie sich wie ein isotroper, d. h. einfachbrechender Körper, verhält.

Wenn man Baumwolle, in Form von Garnen oder Geweben, im gespannten Zustand kurze Zeit mit starken Alkalien behandelt und dann sofort auswäscht, so erhält man die sogenannte merzerisierte Baumwolle (Seidenbaumwolle, Natronbaumwolle), die sich durch schönen, seidenartigen Glanz, krachenden Griff, besseres Färbevermögen und größere Festigkeit auszeichnet. Die ursprünglich bandartige, spiralig gewundene Faser ist nach dieser Behandlung mehr stabartig, gerade, zylindrisch geworden.

Nach T. F. Hanausek (285, S. 62) soll die merzerisierte Baumwolle bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak nur gleichmäßig aufquellen, ohne tonnen- oder kugelförmige Anschwellungen zu bilden, da sie keine Kutikula mehr besitzt. Mit dieser Ansicht stimmt auch Haller nach seinen mikroskopischen Untersuchungen überein (Ztschr. f. Farbenindustrie 1907, Nr. 86).

A. Herzog (335) gelang es aber nachzuweisen, daß die Kutikula der rohen Baumwolle beim Merzerisierungsprozeß keine nennenswerten chemischen und mechanischen Veränderungen erleidet, daß aber durch das Bleichen, gleichgültig, ob es vor oder nach dem Merzerisieren vorgenommen wird, die Kutikula fast völlig zerstört wird und solche Wolle sich dann bei der Quellung durch Kupferoxydammoniak so verhält, wie es T. F. Hanausek angab.

Daß an den Fasern von gut gebleichten Baumwollwaren (Zwirne, Kattune) die Kutikula fast vollständig fehlen kann, darauf hat Höhnel (374) schon 1887 hingewiesen.

Den schönen Seidenglanz der merzerisierten Baumwolle sieht A. Herzog als Folge der geänderten Oberflächenbeschaffenheit an, denn die bei der mikroskopischen Betrachtung der rohen Baumwolle stets nachweisbaren Rauhigkeiten und Schrumpfungen der äußeren Zellwandteile sind, ebenso wie die Drehungen, bei der merzerisierten Faser »nahezu völlig verschwunden«.

Näheres über die Untersuchung von merzerisierter Baumwolle siehe A. Herzog (352, S. 562).

An dieser Stelle sei auch noch darauf hingewiesen, daß die eigentlichen tonnenförmigen Anschwellungen der Faser bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak durchaus nicht auf die rohe Baumwolle beschränkt sind, sondern daß es auch rohe Bastfasern gibt (wie z. B. die Bastfaser von *Edgeworthia Gardneri* Meisn. = *E. papyrifera* S. et Z., roher Hanf), die ähnliche Auftreibungen bei Behandlung mit dem Schweizerschen Reagens aufweisen.

Außer den bereits besprochenen Erscheinungen ruft das Kupferoxydammoniak an der Baumwollzelle aber noch andere Veränderungen hervor. Es tritt nämlich nach starker Quellung der Faser der schon oben genannte Innenschlauch mit großer Schärfe hervor und bleibt noch erhalten, wenn sich die Zellulosehaut schon gelöst hat. Der Innenschlauch nimmt innerhalb der in Kupferoxydammoniak quellenden Zellulosehaut verschiedene Formen an: ist er fadenförmig, so erscheint er wellenförmig oder schraubenförmig gewunden; ist er bandförmig, so ist er zart und stets der Quere nach gefältelt; ist er endlich hohlzylindrisch, so erscheint er hin- und hergebogen und an den verengten Stellen auch quergestreift (Abb. 22). Über das Zustandekommen dieser Formänderungen s. oben S. 407.

Bei entarteten Baumwollen finden sich zwischen den normalen, dickwandigen Haaren in großer Menge solche, die auffallend dünnwandig sind und in der Praxis lange Zeit als »tote« oder »unreife« Baumwolle bezeichnet wurden. Solche Haare treten aber auch bei allen besseren Sorten mehr oder weniger häufig auf, die zwar bei der rohen und gebleichten Ware trotz der durch sie herbeigeführten Knötchenbildung im Garn das Aussehen nicht belangreich verändern, aber beim Anfärben durch hellere Farbtöne bei der Ware unangenehm bemerkbar werden können.

Den eingehenden Untersuchungen A. Herzogs verdanken wir die Feststellung, daß die eben erwähnten Haare zwei Kategorien von Baumwollhaaren darstellen, und daß die »tote« und die »unreife« Baumwolle durchaus nicht identisch sind.

Die tote Baumwolle besteht aus so stark zusammengedrückten Haaren, daß sich die gegenüberliegenden Zellwände berühren, das Lumen der Zelle im Querschnitt nur als dunkle Linie erscheint. Die

Zellhaut ist außerordentlich dünn (0,5 bis 0,6 μ), hingegen ist sie im Vergleich zum normalen Haar auffallend breit. Die Zellhaut der toten Baumwolle ist ebenso färbbar wie die normale; wenn sie nach dem Färben in helleren Tönen erscheint, so ist die Ursache hierfür nur die außerordentliche Dünne der Wand. Die tote Baumwolle ist sehr arm an protoplasmatischen Substanzen. Im Gegensatz zu R. Haller, der sie als nicht doppelt lichtbrechend gefunden hat, hat A. Herzog gezeigt, daß die Zellhaut der toten Baumwolle wie die der normalen doppelbrechend ist und

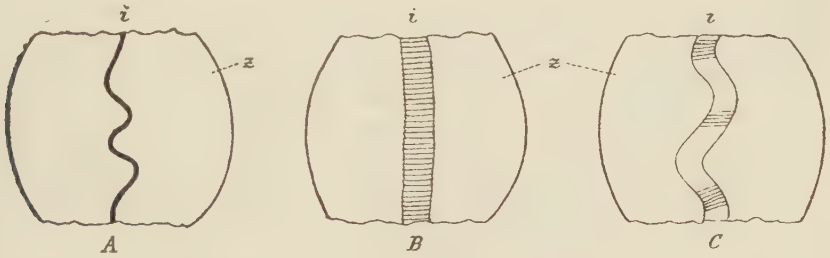


Abb. 22.
Blasenförmige Auftreibungen der Baumwolle in Kupferoxydammoniak. Kutikula bereits abgeschoben. *i* Innenhaut. *A* Innenschlauch fadenförmig, *B* bandförmig, *C* hohlzylindrisch. Vergr. 300.

der geringe Grad der spezifischen Doppelbrechung der toten Baumwolle mit der geringen Dicke der Membran des Haares zusammenhängt. Die Festigkeit der toten Baumwolle ist selbstverständlich sehr gering. Bei der Verarbeitung von an toten und unreifen Haaren reichem Fasermaterial ist natürlich ein höherer Spinnverlust zu verzeichnen als bei der reifen Baumwolle.

Die unreife Baumwolle besteht nach A. Herzog aus Fasern, deren Wand im Vergleich zur toten etwa doppelt so dick ist (Dicke = 1 μ und darüber) und die reichliche Protoplasmareste, namentlich an der Basis der Haare, führen. Infolge dieses Reichtums an Protoplasmaresten färbt sich die Faser ziemlich stark, wodurch der Unterschied zwischen »toter« und »unreifer« Baumwolle sehr auffällig wird. In der Breite unterscheidet sich die unreife Baumwollfaser nicht wesentlich von der vollreifen.

Die »tote« und die »unreife« Baumwolle im Sinne A. Herzogs sind also leicht und sicher voneinander zu unterscheiden und es ist ein Verdienst Herzogs, die Unterschiede dieser beiden fehlerhaften Baumwollanteile festgestellt zu haben.

Zur Erläuterung des Wesens der »toten« und der »unreifen« Baumwolle im Vergleich zu der normalen Baumwolle mögen noch folgende Bemerkungen dienen. In der Ware sind selbstverständlich alle drei Arten von Baumwolle tot. Nicht so zur Zeit der Ernte, wo wohl die »tote« und die »normale« Wolle tot sind, nicht aber die unreife, die noch entwicklungsfähig ist, worauf die großen in ihr enthaltenen Protoplasmamassen hindeuten. Die unreife Baumwolle ist unreif geerntet worden und starb nach der Ernte ab, weil die Bedingungen für ihre Weiterentwicklung nicht mehr vorhanden waren. Die unreife Baumwolle ist ein normales Produkt. Hingegen ist die tote Baumwolle ein pathologisches Produkt, das offenbar infolge eines krankhaften Zustandes frühzeitig abstarb und das schon durch die ungemein geringen in seinen Zellen enthaltenen Protoplasmamengen darauf hindeutet, daß es frühzeitig entwicklungsunfähig geworden ist.

Zur Charakteristik des optischen Verhaltens der Baumwolle sei hier erwähnt, daß die Lichtbrechung der Faser nach verschiedenen Richtungen wesentlich verschieden ist. A. Herzog (355) hat bei indischer Baumwolle folgende Hauptlichtbrechungsexponenten gefunden:

zur Polarisationsebene des Nikols	
(n/D)	(n/D)
1,580	1,533

Die mittlere Lichtbrechung gibt genannter Forscher mit 1.556 an, die mit der

des Flachses ($n_D = 1{,}562$) fast vollständig übereinstimmt.

Die Baumwollfaser ist stark doppelbrechend, wie schon aus der Differenz der Hauptlichtbrechungsexponenten hervorgeht, die ja ein Maß der spezifischen Doppelbrechung bildet. Infolge der geringen optischen Dicke zeigt allerdings die Faser zwischen gekreuzten Nikols in der Regel nur die mittleren Farben der ersten Ordnung (Weiß bis Gelb I). Dort, wo die Faser die Schmalseite mehr oder weniger nach oben kehrt, also an den Drehstellen, weist sie schon höhere Farben auf.

Die Längsachse der in der Faserfläche liegenden wirksamen Elastizitätsellipse fällt mit der Längsrichtung der Faser nicht zusammen, sondern schließt mit ihr nach A. Herzog einen Winkel von 0—45° ein, und ihre Lage ist bald links-, bald rechtsläufig, welche sprunghafte Änderung der Lage der Elastizitätsellipse für das optische Verhalten der Baumwolle (auch der merzerisierten) besonders bemerkenswert und wohl als eine Folgeerscheinung des bereits erwähnten spiraligen Aufbaus der Zellwand des Baumwollhaares aufzufassen ist. Herzog konnte beobachten, daß immer dort, wo die Faser einen plötzlichen Wechsel im Charakter der Interferenzfarben zeigte, auch eine Änderung im Drehungssinn der Spiralstreifen festzustellen war. Die kurze Übergangszone erwies sich dann stets als »gerade« auslöschend.

Durch das Nitrieren der Baumwolle wird ihr optisches Verhalten auffallend geändert. H. Ambronn (54) hat festgestellt, daß bei steigendem Stickstoffgehalt die Doppelbrechung zuerst sinkt (so also bei niedrig nitrierter Baumwolle unter Beibehaltung desselben optischen Charakters wie reine Baumwolle), um dann Null zu erreichen und mit dem entgegengesetzten Charakter wieder anzusteigen.

Nach H. Behrens (77) ist der Pleochroismus der mit entsprechenden Teerfarbstoffen (Kongorot, Benzoazurin) gefärbten Baumwolle nur als ein schwacher zu bezeichnen. A. Herzog (335) stimmt dieser Ansicht für diese Farbstoffe und für den Fall zu, daß bei der optischen Betrachtung nur die Orthogonalstellungen in Vergleich gezogen werden. Wird aber die Baumwollfaser mit Chlorzinkjod oder mit Dianilblau oder Diaminechtblau blau gefärbt und in den Zwischenlagen geprüft, dann ist nach Herzog deutlicher Pleochroismus festzustellen. Auffallend ist für diesen Faserstoff aber, daß bei ein und demselben Haar der Pleochroismus so bedeutende Schwankungen aufweist, wie sie bei keiner anderen technisch verarbeiteten Faser gefunden werden konnten, eine optische Eigentümlichkeit, die mit dem spiraligen Aufbau der Baumwollzellwand und der dadurch bedingten häufigen sprunghaften Änderung der Lage der größeren Achse der wirksamen Elastizitätsellipse zusammenhängt.

Das spezifische Gewicht der Baumwolle wird von F. W. Kuhn (433) zwischen 1,47 und 1,503 g angegeben. Er hält es für möglich, daß bei Baumwolle mit höherem spezifischen Gewicht größere Festigkeit verbunden sei.

Unterscheidung der Baumwolle von der Leinenfaser durch die Form der Zellen. Im Vorhergehenden ist eine Reihe von Eigenschaften der Baumwolle angeführt worden, die mit Vorteil zu ihrer Unterscheidung von der Bastzelle des Flachses verwandt werden können. Die unterscheidenden morphologischen Merkmale sind nach Wiesner die Zellwanddicke, das Vorhandensein einer Kutikula bei der Baumwolle und der Mangel dieses Häutchens an der Leinenfaser, endlich die Form. Wie oben auseinandergesetzt wurde, ist die Baumwollzelle ein gegen die Mitte hin etwas erweiterter Kegel. Die Flachsbastzelle ist hingegen wie jede Bastzelle ein an beiden Enden konisch zugespitzter Zylinder oder ein an den Kanten etwas abgerundetes, spitz auslaufendes Prisma. Es ist für die Unterscheidung der Leinenzelle von der Baumwolle gewöhnlich nicht notwendig, die zu untersuchende Faser ihrer ganzen Länge nach im Mikroskop zu prüfen, um aus der Form schließen zu können, ob man es mit der einen oder der anderen zu tun hat; auch an Bruchstücken, die nur einige Millimeter lang sind, läßt sich diese Frage in der Regel entscheiden. In schwierigen Fällen ist es allerdings wichtig, beide Enden der zu untersuchenden Faser auf ihre Form

zu prüfen. Findet man zwei konische (oder angenähert konische) Enden vor, so ist die Gegenwart der Baumwolle ausgeschlossen. Sollte Karavonikawolle vorliegen, deren unteres Ende auch konisch sein kann (s. oben S. 494), so kann kein Irrtum eintreten, da der kegelförmige Fuß der Zellen dieser Baumwolle sich scharf von dem eigentlichen Körper der Haare abhebt, übrigens mit Phlorogluzin und Salzsäure die Holzstoffreaktion gibt. Die Baumwollhaare zeigen im Längsverlauf viele Unregelmäßigkeiten, während die Flachsbastzellen sehr regelmäßig vom Grunde nach der Spitze an Breite zu- und abnehmen, wie folgende Zahlenreihen lehren.

a) Baumwollhaar, durch verdünnte Salpetersäure gerade gestreckt, um an jeder beliebigen Stelle die Breite messen zu können (nach Wiesner). (Die Quellung der Zellwand geht bei Anwendung von verdünnter Salpetersäure an allen Stellen des Haares so gleichmäßig vor sich, daß die an der so vorbehandelten Faser angestellten Messungen ein ganz richtiges Bild von der Zu- und Abnahme der natürlichen Faserbreite entwerfen, wie J. Wiesner durch vergleichende, an der unveränderten und künstlich gestreckten Faser angestellte Messungen feststellen konnte.)

Spitze: 8,4; 15,0; 16,8; 20,0; 21,0; 21,8; 29,4; 29,4; 32,4; 37,8; 25,2; 29,4; 31,0; 30,0; 31,1; 29,9; 29,4; 29,4; 29,0; 28,0; 25,2; Basis.

Diese und die folgenden Zahlen drücken die in gleichen Abständen gemessenen Breiten der Fasern in Mikromillimetern (μ) aus.

b) Flachsbastzelle, 4 cm lang.

Spitze: 0; 6,3; 8,4; 9,5; 10,5; 11,7; 12,0; 12,5; 12,9; 13,5; 15,8; 15,9; 16,6; 15,9; 16,9; 16,8; 15,5; 14,8; 15,5; 14,8; 15,5; 16,9; 15,8; 14,3; 12,9; 13,0; 12,5; 12,3; 12,0; 11,7; 10,9; 10,0; 9,0; 8,4; 6,5; 0 Basis.

Selbstverständlich gibt es noch zahlreiche andere Mittel, um die Baumwolle von der Leinenfaser zu unterscheiden, wie aus dem Vergleich der Beschreibungen beider und der Besprechung des optischen Verhaltens der beiden Faserstoffe hervorgeht. Es sollte aber nur auf den groben Unterschied hingewiesen werden, der in bezug auf die Form zwischen dem Baumwollhaar und der Leinenbastzelle besteht.

Chemisches Verhalten der Baumwolle. Die Baumwolle führt im lufttrockenen Zustande 6,66 % Wasser. Im mit Wasserdampf gesättigten Raum beträgt die aufgenommene Wassermenge 20,99 %.

Nach Zipser (794) beträgt die normal zulässige Wassermenge der Baumwolle 8 %. Zur Wertbestimmung der Handelsware wird ähnlich wie bei Wolle und Seide die Konditionierung vorgenommen.

Nach F. Hönig (381) sind die Unterschiede in der Hygroskopizität der verschiedenen Baumwollsorten bzw. Verarbeitungsstufen verhältnismäßig gering. Ägyptische Baumwollsorten zeigen unter sonst gleichen Umständen ungefähr 1 % mehr Feuchtigkeit als amerikanische. Unter Berücksichtigung des Mittelwertes der relativen Luftfeuchtigkeit in den Kulturgebieten der Baumwolle wurden von Hönig als Mittelwerte für den Wassergehalt folgende Zahlen bestimmt: für nordamerikanische Baumwolle 8,12—8,55 %, für ägyptische 7,60—7,64 %, für ostindische (Abfall-) Baumwolle 7,9 %. Die getrocknete Faser gibt etwa 1,8 % Asche.

Mit Jod und konzentrierter Schwefelsäure wird, wie lange bekannt, die Baumwolle himmelblau gefärbt. In Kupferoxydammoniak quillt die Faser unter Blaufärbung und wird bis auf die Kutikula und Reste des Innenschlauches völlig in Lösung gebracht. Anilinsulfat, ebenso Phlorogluzin + Salzsäure bringen keinerlei Farbenänderung hervor; die Baumwollfaser ist somit völlig unverholzt, abgesehen von den kegelförmigen Faserenden der Karavonikabaumwolle.

Außer Zellulose und dem in der Kutikula auftretenden Kutin (wachsartige Fettstoffe; über die Wachse verschiedener Baumwollarten siehe L. V. Lecomber und M. E. Probert in Journ. Text. Inst. 1925, Nr. 11) sind in der Baumwolle noch Eiweißkörper [Stickstoffgehalt verschiedener Sorten nach F. H. Bowman (120) 0,29—0,42 %], welche im Innenschlauch ihren Sitz haben, ferner etwas Fett [nach G. Ambühl in roher Baumwolle 1,0—1,5 %, nach Schunk aller-

suchung immer wichtiger. Allerdings wird in praktischen Fällen meist aus den Prüfungsergebnissen der zu verarbeitenden Spinnstoffe auf die Qualität des Rohstoffes geschlossen.

Die Reinheit und Homogenität der Baumwolle hängt davon ab, ob sie frei von fremden Beimengungen, nämlich Kapselgewebe, Samengewebe, Blatt-, Stengelfragmenten, Staub, Erde usw. ist, und der Grad der Reinheit davon, ob diese Körper in größeren oder kleineren Mengen darin auftreten. Unter finnigen Wollen versteht man solche, an deren Haaren kleine, kaum sichtbare Knötchen, nämlich zusammengeballte Stöcke von Fasern, haften.

R. Haller (276) versuchte mit Hilfe der in den Rohbaumwollen auftretenden Verunreinigungen (Fragmenten von Blättern und Samenschalen) die Abstammung der Baumwolle von bestimmten Gossypium-Arten festzustellen. Die Frage, ob mit den mühevollen Untersuchungen Hallers der Weg auch für den Praktiker schon genügend gebahnt und geebnet ist, sei aber mit Rücksicht auf die großen Schwierigkeiten, die sich solchen Diagnostizierungen entgegenstellen, vorläufig noch offen gelassen.

Die Farbe bildet ein wichtiges Kennzeichen der Baumwolle. Obwohl die meisten Baumwollsorten weiß erscheinen, so sind sie es doch nicht. Stark zusammengedrückt oder versponnen lassen sie doch immer einen Stich ins Gelbe (die meisten indischen) oder ins Graue (peruanische Wolle) oder Rötliche (ein Teil der siamesischen und chinesischen Baumwolle) erkennen. Es wird sehr häufig angegeben, daß die als Louisianawolle vorkommende Sorte eine bläulich-weiße Farbe habe, was Wiesner jedoch, wenigstens für die ihm bekannt gewordenen Proben dieser Sorten, nicht bestätigen kann. Die Nankingwollen von *Gossypium hirsutum* var. *religiosa*, ferner manche afrikanische Sorten, z. B. die von Wida, haben ausgesprochen gelbbräunliche Farbe. Die Farbe der Baumwolle hat, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, ihren Sitz in der Zellwand der Faser. Über die Farbstoffe der Baumwolle s. oben S. 506. Am meisten geschätzt werden die farblosesten Baumwollsorten; hinter diesen folgen die bläulichen, dann die rötlichen und zuletzt die gelblichen und bräunlichen.

Der wichtigste Baumwollmarkt ist Liverpool.

Für die Unterscheidung der Handelssorten gelten dort die Bezeichnungen der Liverpool Cotton Brokers Association, und zwar bei:

Nordamerikanischer Sea Island: ordinary, common, medium, good medium, medium fine, extra fine;

Baumwolle der Vereinigten Staaten von Nordamerika: ordinary, good ordinary, low middling, middling, good middling, middling fair;

brasilianischer Baumwolle: middling, middling fair, fair, good fair, good, fine;

ägyptischer und Smyrna: ordinary, middling fair, good fair, good;

westindischer, peruanischer, afrikanischer: ordinary, middling fair, good fair, fair;

ostindischer: middling, good middling, middling fair, fair, good fair, good, fine.

Die genannten Grade werden noch in halbe und Viertelgrade unterteilt.

Zur Beurteilung der Gütestufen der Baumwolle der verschiedenen Herkunftsgebiete werden an den Hauptbaumwollbörsen für Vergleichszwecke die Grundmuster als sogenannte Klassenstandards alljährlich sorgfältig ausgewählt. Zur Schlichtung von Streitigkeiten wegen Lieferung von Baumwolle, die der vereinbarten Qualität nicht entspricht, bestehen an den Hauptbörsen Schiedsgerichte. In London und Liverpool ist die Beurteilung Sache der Makler, in Bremen Sache der vereidigten Klassierer. [Lit.: Einöhrl (207), Weiß (752).]

Während die Handelsware nach den oben besprochenen Eigenschaften klassifiziert wird, pflegt man die Baumwolle als Spinnmaterial auch nach technologischen Prinzipien zu beurteilen. Dabei wird nicht nur die Stapellänge genau ermittelt, sondern, wie auch bereits erwähnt, auch die Reißlänge, die Zugfestigkeit und der Feinheitsgrad zahlenmäßig festgestellt. Die besten Baumwollen haben eine Reißlänge von 26—28 km und eine absolute Zugfestigkeit von 39 bis

die Stärke der Baumwollfaser, nämlich deren absolute Festigkeit. Es liegen hierüber mehrere Beobachtungsreihen vor; zur praktischen Wertbestimmung wird aber die Stärke der Baumwolle noch nicht herangezogen. Nach Semler (664, S. 512) soll, auf gleichen Querschnitt berechnet, die ägyptische Baumwolle durch besondere Stärke ausgezeichnet sein. Nach Untersuchungen, die Eduard Hanausek vornahm und Wiesner mitteilte, beträgt das geringste Zerreißgewicht der einzelnen Baumwollhaare bei ostindischer Dhollerah-Baumwolle 2,500, bei Louisiana 2,750, bei Pernambuk 3,988, bei Sea Island 4,330, bei Mako 3,400, bei kurzer Georgia 4,501, endlich bei Martinique 4,763 g.

1913 hat Dewey (175) die absolute Festigkeit der Faser einiger wichtiger Baumwollsorten geprüft. Aus seiner Zusammenstellung heben wir folgende charakteristische Zahlen hervor:

	Zerreißgewicht in Gramm		
	Max.	Min.	Mittel
American Upland (*Gossypium hirsutum*)			
Big-Boll group . .	11,6	4,6	6,60
Early group . . .	6,9	5,2	5,63
Long-staple group .	5,6	3,5	4,72
Sea Island (*Gossypium barbadense*)			
Amerikanisch . .	7,6	4,7	6,14
Ägyptisch (von Arizona und Kalifornien)	8,0	5,6	6,65

Die absolute Festigkeit p der Baumwolle wird von Hartig mit 34 kg, von O. Johannsen mit 37,4 kg, von E. Müller mit 37,6 kg für 1 qmm angegeben [Kuhn (433)]. Das spezifische Gewicht schwankt nach denselben Autoren und Uve zwischen 1,47 und 1,503. Die Reißlänge beträgt etwa 25 km.

C. P. Brooks gibt für amerikanische Baumwolle folgende Zugfestigkeiten an:

	Länge der Faser minimal bis maximal in mm	Durchmesser in μ	Zerreißgewicht in g	Substanzfestigkeit in kg/qmm
Alabama	20—36,05	22,7	8,93	44,0
Georgia	20,40—39,80	23,15	8,87	42,1
Louisiana	21,80—32,05	22,35	8,27	42,1
New Carolina	17,60—34,30	23,55	8,60	39,6
Texas	20,75—35	22,75	8,61	42,5

Im Durchschnitt zeigen also amerikanische Baumwollen ein Zerreißgewicht von 8,14 g und eine Substanzfestigkeit von 38,2 kg. Dieser Durchschnitt an Zerreißgewicht von 8,14 g bei einem Abstand von 5 mm zwischen den Klemmpunkten verringert sich aber bei Vergrößerung der Einspannlänge und verändert sich auch nach dem Ausfall der betreffenden Ernte infolge des Wechsels des Prozentsatzes an unreifen und halbreifen Fasern.

Kuhn (433) hat genaue Querschnittsmessungen von Baumwolle vorgenommen und macht nach seinen Untersuchungen folgende Angaben:

	Faserbreite	Faserquerschnitt	Zerreißgewicht	Spez. Festigkeit	Spez. Gewicht
Ägyptische Baumwolle (Jumel) . .	16,6 μ	108,25 μ^2	7,60 g	70,1 kg	1,51
Amerikanische (Orleans)	19,6 μ	150,78 μ^2	8,90 g	59,0 kg	1,47
Ostindische (Dhollerah)	21,4 μ	179,75 μ^2	8,50 g	47,3 kg	1,44

Kuhn vermutet, daß die Substanzfestigkeit und Dichte der Baumwollsorten um so größer ist, je feinfaseriger die Sorte ist. [Über Festigkeit der Baumwolle siehe auch Rosenzweig (589a)].

Die Garnfestigkeit dürfte nach Kuhn im Höchstfalle nur 50—60 % der Substanzfestigkeit der Faser betragen, im allgemeinen wird sie aber noch niedriger (etwa 40 %) angegeben.

Bei den großen Unterschieden in der Festigkeit der verschiedenen Baumwollsorten, aber auch bei verschiedenen Ernten ein und derselben Sorte und bei den im Verhältnis zum Rohstoffpreis sehr großen Herstellungs- und Handlungsunkosten bei Baumwollwaren, wird infolge der großen Bedeutung der Substanzfestigkeit und der Stapellänge für die Garn- und Gewebequalität die Materialunter-

suchung immer wichtiger. Allerdings wird in praktischen Fällen meist aus den Prüfungsergebnissen der zu verarbeitenden Spinnstoffe auf die Qualität des Rohstoffes geschlossen.

Die Reinheit und Homogenität der Baumwolle hängt davon ab, ob sie frei von fremden Beimengungen, nämlich Kapselgewebe, Samengewebe, Blatt-, Stengelfragmenten, Staub, Erde usw. ist, und der Grad der Reinheit davon, ob diese Körper in größeren oder kleineren Mengen darin auftreten. Unter finnigen Wollen versteht man solche, an deren Haaren kleine, kaum sichtbare Knötchen, nämlich zusammengeballte Stöcke von Fasern, haften.

R. Haller (276) versuchte mit Hilfe der in den Rohbaumwollen auftretenden Verunreinigungen (Fragmenten von Blättern und Samenschalen) die Abstammung der Baumwolle von bestimmten Gossypium-Arten festzustellen. Die Frage, ob mit den mühevollen Untersuchungen Hallers der Weg auch für den Praktiker schon genügend gebahnt und geebnet ist, sei aber mit Rücksicht auf die großen Schwierigkeiten, die sich solchen Diagnostizierungen entgegenstellen, vorläufig noch offen gelassen.

Die Farbe bildet ein wichtiges Kennzeichen der Baumwolle. Obwohl die meisten Baumwollsorten weiß erscheinen, so sind sie es doch nicht. Stark zusammengedrückt oder versponnen lassen sie doch immer einen Stich ins Gelbe (die meisten indischen) oder ins Graue (peruanische Wolle) oder Rötliche (ein Teil der siamesischen und chinesischen Baumwolle) erkennen. Es wird sehr häufig angegeben, daß die als Louisianawolle vorkommende Sorte eine bläulich-weiße Farbe habe, was Wiesner jedoch, wenigstens für die ihm bekannt gewordenen Proben dieser Sorten, nicht bestätigen kann. Die Nankingwollen von *Gossypium hirsutum* var. *religiosa*, ferner manche afrikanische Sorten, z. B. die von Wida, haben ausgesprochen gelbbräunliche Farbe. Die Farbe der Baumwolle hat, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, ihren Sitz in der Zellwand der Faser. Über die Farbstoffe der Baumwolle s. oben S. 506. Am meisten geschätzt werden die farblosesten Baumwollsorten; hinter diesen folgen die bläulichen, dann die rötlichen und zuletzt die gelblichen und bräunlichen.

Der wichtigste Baumwollmarkt ist Liverpool.

Für die Unterscheidung der Handelssorten gelten dort die Bezeichnungen der Liverpool Cotton Brokers Association, und zwar bei:

Nordamerikanischer Sea Island: ordinary, common, medium, good medium, medium fine, extra fine;

Baumwolle der Vereinigten Staaten von Nordamerika: ordinary, good ordinary, low middling, middling, good middling, middling fair;

brasilianischer Baumwolle: middling, middling fair, fair, good fair, good, fine;

ägyptischer und Smyrna: ordinary, middling fair, good fair, good;

westindischer, peruanischer, afrikanischer: ordinary, middling fair, good fair, fair;

ostindischer: middling, good middling, middling fair, fair, good fair, good, fine.

Die genannten Grade werden noch in halbe und Viertelgrade unterteilt.

Zur Beurteilung der Gütestufen der Baumwolle der verschiedenen Herkunftsgebiete werden an den Hauptbaumwollbörsen für Vergleichszwecke die Grundmuster als sogenannte Klassenstandards alljährlich sorgfältig ausgewählt. Zur Schlichtung von Streitigkeiten wegen Lieferung von Baumwolle, die der vereinbarten Qualität nicht entspricht, bestehen an den Hauptbörsen Schiedsgerichte. In London und Liverpool ist die Beurteilung Sache der Makler, in Bremen Sache der vereidigten Klassierer. [Lit.: Einöhrl (207), Weiß (752).]

Während die Handelsware nach den oben besprochenen Eigenschaften klassifiziert wird, pflegt man die Baumwolle als Spinnmaterial auch nach technologischen Prinzipien zu beurteilen. Dabei wird nicht nur die Stapellänge genau ermittelt, sondern, wie auch bereits erwähnt, auch die Reißlänge, die Zugfestigkeit und der Feinheitsgrad zahlenmäßig festgestellt. Die besten Baumwollen haben eine Reißlänge von 26—28 km und eine absolute Zugfestigkeit von 39 bis

42,65 kg, die mittleren Sorten von 24,5 km und 36,5 kg, die geringsten bis hinab zu 7,5 km und 11,27 kg. In Beziehung auf den Feinheitsgrad werden drei Klassen unterschieden. Erste Klasse: Durchschnittsbreite 14—16 μ; zweite Klasse: 18—20 μ; dritte Klasse: 22—28 μ.

Nach der Gesamtheit dieser Arbeitseigenschaften werden die Baumwollsorten in acht Klassen gruppiert, von denen die ersten zu feinen Gespinsten, die letzten zu gröberen Garnen verarbeitet werden. Typen dieser acht Klassen sind: 1. lange Georgia; 2. Jumel, Bourbon, Portoriko; 3. Pernambuk; 4. Louisiana, Cayenne; 5. Karolina, kurze Georgia; 6. Virginia; 7. Surate; 8. Bengal. [Siehe E. Müller (520), O. Johannsen (398).]

Als Hauptfehler der Baumwollen werden die unreinen und finnigen Wollen, ferner das stärkere Auftreten von toter oder unreifer Baumwolle (s. oben S. 503) angesehen.

Von den nordamerikanischen Sorten ist vor allem die von *Gossypium barbadense* herrührende Sea Island hervorzuheben. Die besten Sorten liefern die Küsten von Georgien, Südkarolina und einige benachbarte Inseln. Sie heißt auch lange Georgia (Lowland-Georgia). Die Sea Island-Wolle hat man in die meisten baumwolliefernden Länder einzuführen getrachtet, z. B. in Indien, Ägypten, und hat in einzelnen Ländern in der Tat sehr gute Sorten erzielt, die aber doch gegen die originale Sea Island-Wolle zurückstehen. Die Sea Island-Wolle ist nicht nur die längststaplige aller bekannten Sorten, sie überragt auch in den meisten anderen Eigenschaften, besonders an Reinheit, Weichheit und Feinheit, die übrigen Baumwollen und wird nur in einzelnen Eigenschaften von anderen Sorten überholt. So sind die besten brasilianischen Baumwollen weißer als die lange Georgia, die stets einen Stich ins Gelbe erkennen läßt, und auch glänzender, seidiger. Diese Sorte wird ihrer Feinheit und Länge wegen nur zu den feinsten Garnen versponnen. An sie reiht sich in der Güte die Baumwolle von Louisiana (New Orleans) an, sie ist langstaplig, weiß, glänzend. Ihr ähnlich ist die Alabama oder Mobile, die aber gewöhnlich unreiner und kürzer ist. Die Hauptmasse der amerikanischen Baumwolle, mit Ausnahme von Sea Island, stammt von *Gossypium hirsutum*.

Bemerkenswert ist die kurze Georgia (Upland-Georgia), eine weiße, aber kurzstaplige Sorte. Hierher gehören die Sorten: Virginia, Texas, Arkansas und Florida (letztere häufig von grauer Farbe). Von Florida kommen indes auch langstaplige (bis 42 mm) Sorten.

Die besten Upland-Sorten stammen von *Gossypium mexicanum* Tod.

Von südamerikanischen Baumwollen sind besonders einige brasilianische wegen Feinheit, Weiße und Seidigkeit ausgezeichnete Sorten hervorzuheben, besonders die sich etwas rauh anfühlende Baumwolle von Pernambuk und Maranhao; sodann kommen Bahia und Minas novas. Geringer sind Rio Janeiro und Para. Auch Paraguay liefert dank den für den Baumwollbau günstigen klimatischen Bedingungen feine Baumwolle, die für die Versorgung der europäischen Industrie als vollwertiges Spinnmaterial in Betracht kommen wird. [Über die Paraguay-Baumwolle siehe Th. Bühler (106a).] In Brasilien wird vorwiegend *Gossypium peruvianum, G. brasiliense* und *barbadense,* in einzelnen Provinzen auch *G. vitifolium* und wahrscheinlich auch *G. purpurascens* kultiviert. Die längste der brasilianischen Wollen (bis 34 mm) ist nach Wiesner die südbrasilianische Sorte Rio Grande, doch wird die Pernambuco mit einem Stapel bis 38 mm angegeben. Von den Baumwollen aus Guayana (*Gossypium brasiliense*) ist die seit alter Zeit in Surinam gewonnene hervorzuheben, die der Wolle von Pernambuk an Güte beinahe gleichkommt. Einzelne Sorten der Baumwolle von Demerara stellen sich sogar noch über die Pernambukwolle. Die übrigen Sorten von Guayana (Berbice, Cayenne usw.) sind sehr unrein, häufig mit zerquetschten Samenkörnern untermengt. Die kolumbische Baumwolle kommt der brasilianischen an Glanz nahe, ist aber ungleichfarbig, indem zwischen den weißen Flöckchen auch gelbliche vorkommen. Die reinste und beste dieser Baumwollen ist die Sorte Varinas. Die peruanischen Sorten (zum Teil ziemlich rauh) sind geringer wertig als die kolumbischen, da ihre Farbe graulich-weiß ist.

Seit einiger Zeit kommt (nach der Warenliste der Liverpool Cotton Association) als Sea Island Peruvian eine sehr langstaplige Sorte (bis 42 mm) aus Peru in den Handel.

Die westindischen Wollen (Santo Domingo, Kuba, Martinique, Jamaika usw.) sind ihrer Natur nach meist vorzüglich und kommen dann den besten nordamerikanischen gleich, nur sind sie mit Ausnahme der Baumwolle von Portoriko sehr unvollständig gereinigt. Als beste westindische Sorte gilt Guayanilla.

Die ostindischen Baumwollen haben seit der durch den amerikanischen Bürgerkrieg hervorgerufenen Baumwollkrise für Europa eine große Wichtigkeit erhalten. Es hat sich nicht nur die Produktionsmenge gesteigert, sondern auch die Güte der Baumwolle selbst, sowohl durch sorgsamere Kultur als auch durch vollständigere Reinigung verbessert. Die größten Mengen indischer Baumwolle kommen von Bombay. Nach B. Nieß haben die indischen Wollen fast durchgängig einen kurzen Stapel, und zwar mißt die Länge des Haares

der Sorte Dhollerah 11,2—13,50 mm
„ „ Madras unter 13,50 „
„ „ Bengal „ 8,90 „

Doch beziehen sich diese Daten auf Baumwollen aus der alten Ära der ostindischen Baumwollkultur. Wie sehr sich die Qualität der indischen Baumwolle, namentlich hinsichtlich der Stapellänge, verbessert hat, geht aus zahlreichen in neuerer Zeit von Watson u. a. vorgenommenen Messungen der Stapellänge hervor.

a) Wolle aus den nördlichen Distrikten.

	Minimum in mm	Maximum in mm	Durchschn. Länge in mm
Surate . . .	20,3	30,6	25,4
Guzerate . .	22,8	33,0	27,9
Broach . .	15,2	25,4	20,3
Dharwar . .	20,3	45,7	33,0
Canseish . .	22,8	27,9	25,4
Berar . . .	17,7	25,4	21,5

b) Wolle aus den südlichen Distrikten.

	Minimum in mm	Maximum in mm	Durchschn. Länge in mm
Madras . .	20,3	22,8	21,5
Tinnevelly .	15,2	30,6	20,3
Trichmopoly	15,2	25,4	22,8

c) Bengalische Sorten.

	Minimum in mm	Maximum in mm	Durchschn. Länge in mm
Agra . . .	15,5	20,3	17,7
Delhi . . .	12,2	20,3	16,4
Kalkutta . .	25,4	33,0	28,0

d) Wolle von

Tenasserim .	27,9	33,0	30,6

Die meisten indischen Sorten sind stark gelblich gefärbt und grob, so daß sie zumeist nur zur Herstellung grober Garnnummern dienlich sind. Zu den besten Sorten der indischen Baumwolle gehören »Dharwar« (aus amerikanischen) und »Hing Hung hat« (aus indischen Samen gezogen). Als geringste indische Baumwolle gilt die aus den Industälern stammende Sorte Scinde. Sie ist unrein, grob, schmutzig-weiß, erreicht aber doch eine Länge von 25 mm. [Literatur über indische Baumwolle: Watt (748, 749), Middleton (496); Tropenpflanzer (15) 1913, Beiheft 5/6.]

Die persische Baumwolle stimmt fast in allen Eigenschaften mit der indischen, hauptsächlich in Guzerate gewonnenen Sorte Dhollerah überein.

Die levantinischen Baumwollen (Smyrna oder Subudja, syrische, zyprische, türkische usw.) kamen früher häufiger auf den europäischen Markt als jetzt. Die Ursache hiervon liegt in dem großen Aufschwung der indischen Baumwollproduktion. Die anatolische Baumwolle ist langstaplig und fast rein weiß, die mazedonische wohl fest und weiß, aber sehr kurz, so daß sie sich nur schwierig verspinnen lassen soll. Nach B. Nieß beträgt ihre Länge dennoch 15,7—20,25 mm. Nach neueren Messungen steigt der Stapel einzelner Sorten bis auf 32 mm.

Von afrikanischen Wollen ist vor allen die ägyptische hervorzuheben. Seit Anfang des 19. Jahrhunderts ist die dortige Baumwollproduktion in fortwährender Steigerung begriffen und stellt gegenwärtig ungefähr ein Fünfzehntel der Gesamtmenge dieses Artikels auf den Weltmarkt. Seit dem Rückgang der Zuckerpreise ist die Baumwollpflanze in Ägypten das lohnendste Kulturgewächs geworden. Schon in den zwanziger Jahren des 19. Jahrhunderts führte der franzö-

sische Ingenieur Jumel den Anbau der Sea Island-Pflanze in die Niltäler ein, wodurch sehr gute, langstaplige Wollen erzeugt wurden, die unter dem Namen Mako oder Jumel im Handel erscheinen. Die Länge der Faser dieser Sorte steigt nach Wiesners Messungen bis auf 38,9 mm. Die Makowolle ist zwar nicht rein, auch etwas ungleichfarbig (teils weiß mit einem Stich ins Rötlichgelbe, teils gelblich), aber fein, weich und langstaplig, so daß sie sich zur Herstellung sehr feiner Gespinste benützen läßt. Eine wichtige Eigenschaft der echten Makobaumwolle [es gibt auch imitierte, siehe Herzog (339)] ist auch ihre leichte Merzerisierbarkeit. Als beste Sorte gilt gegenwärtig unter den ägyptischen Baumwollen die Sorte »Mitaffi«, welche aber angeblich nicht von der Sea Island-Pflanze abstammt. Hingegen wurde die sehr wertvolle Sorte »Gallini« als von Sea Island abstammend von Semler hingestellt. Eine charakteristische Sorte ist Egyptian brown aus Zagazig mit lebhaft gelber Farbe. Außer sehr ausgezeichneten Baumwollen, welche fast an die besten, die überhaupt existieren, heranreichen, liefert Ägypten auch geringere Sorten (Merkantilware). [Lit. über ägyptische Baumwolle: Tropenpflanzer (15) I (1897), S. 113, III (1899), S. 505, IV (1900), S. 266, XIII (1909), S. 438, XIV (1910), S. 369; Bouteron (119); Foaden (234).]

In Ägypten wurde in neuerer Zeit viel getan, um die Baumwollkultur zu heben. In Zagazig befindet sich eine ganz im Dienst dieser Kultur stehende Versuchsstation.

Von afrikanischen Wollen kamen vor dem Weltkrieg nicht unbeträchtliche Mengen guter Mittelsorten aus den englischen und deutschen Kolonien in den Handel. Geringer war die Produktionsmenge in den französischen Kolonien. Die französische Wolle (von Réunion [Bourbon]) ist schon lange auf dem Markt und wird als langstaplig und glänzend gerühmt, hat aber nur geringe Festigkeit.

Die europäischen Baumwollen, z. B. die spanische (Motril), die neapolitanische (Castellamare), die sizilianische (Biancacella) haben für den Handel keine Bedeutung.

Die australischen Baumwollen, die auf die Ausstellungen und — freilich in geringer Menge — auch auf den Markt gebracht wurden, waren guter, zum Teil sogar ausgezeichneter Qualität. Siehe auch S. 490.

Tahiti und die Fidschiinseln erzeugen vorzügliche Sea Island, aber die auf den Markt kommende Menge ist doch nur gering, da die dortige Zuckerrohrkultur der Ausbreitung der Baumwollpflanze nicht günstig ist.

Von intensiv gefärbten Baumwollen ist die in Ostindien und China in großer Menge gewonnene Nankingwolle (von *Gossypium hirsutum* var. *religiosa*), die Sorte Egyptian brown und die auf Martinique produzierte Nankingwolle (cotton nanking à courte soie) hervorzuheben. Durch die Kultur von *Gossypium religiosum* sind mehrere Varietäten entstanden, deren Wolle in der Farbe zwischen Rostbraun und einem nur wenig hervortretenden Lichtbraun liegt.

Es seien hier einige Bemerkungen über die in neuerer Zeit öfters genannte Karavonikawolle angefügt. Sie stammt von einer perennierenden Form, über deren systematische Stellung man noch nicht im klaren zu sein scheint. Es wird angegeben, daß sie eine Hybride von Sea Island- und Perubaumwolle sei. Die Karavonikawolle wurde von Dr. Thomatis in Karavonika (bei Cairn in Nord-Queensland) zuerst empfohlen und wird versuchsweise nicht nur in Australien, sondern auch in Peru, auf den Neuen Hebriden und in Ägypten kultiviert.

Man unterscheidet zwei Hauptformen der Karavonikawolle, eine gröbere, kürzere (»Wolle«) und eine feinere, längere (»Seide«), die man schon als langstaplig bezeichnen könnte (Stapel nach T. F. Hanausek 45 mm und darüber). Die von T. F. Hanausek ausgeführte mikroskopische Untersuchung hat gelehrt, daß diese beiden Formen der Karavonikabaumwolle in einer merkwürdigen, bei keiner anderen Baumwollsorte bis jetzt beobachteten Eigenschaft übereinstimmen. Sie wird nämlich bei der Abscheidung der Faser aus der Kapsel, beim Egrenieren der Haare mit dem unten kegelförmig gestalteten, natürlichen Ende aus der Samenhaut gewissermaßen herausgezogen, was für eine hohe absolute Festigkeit dieser

Baumwollsorte spricht. Dieses mehr konische Ende (Fuß) der Faser ist verholzt, da es sich mit Phlorogluzin und Salzsäure violett färbt. So hat man Kennzeichen, durch die sich die Karavonikawolle von anderen Baumwollsorten unterscheidet.

Über den Wert der Karavonikawolle gehen die Ansichten noch sehr weit auseinander.

In der Anpreisung der Karavonikawolle kam manche abenteuerliche Anschauung zum Wort. So wurde von Thomatis behauptet, daß es durch Hybridrisation und Kastration gelinge, die Menge der Wolle zu steigern und die der Samen zu verringern, und es wurde sogar die Hoffnung ausgesprochen, man werde vielleicht Pflanzen erzielen, die nur Wolle und gar keine Samen enthalten. Da aber die Baumwolle ein Haargebilde der Samen darstellt, so muß man sich fragen, woher denn die Baumwolle kommen solle, wenn die Kapseln keine Samen führen.

[Lit. über Karavonikabaumwolle siehe Zimmermann, Der Pflanzer, III, 1907, S. 302; G. K. Rein (570), Tropenpflanzer, XV. S. 1911; T. F. Hanausek (291).]

Verwendung. Die Baumwolle bildet das wichtigste Material zum Spinnen von Garnen und zur Herstellung von Webwaren. Die Baumwollgarne dienen aber nicht nur zum Verweben, sowohl für sich, als auch mit aus anderen Fasern dargestellten Garnen, sondern auch zur Darstellung von Zwirnen. Ausgedehnte Verwendung findet die Baumwolle zur Gewinnung von entfetteter Baumwolle als Verbandstoff (Watte) und zur Darstellung von Kollodium.

Beträchtliche Mengen von Baumwolle (besonders die kurzfasrigen Linters) werden gegenwärtig zur Darstellung von Kunstseide (Nitroseide, Kupferseide) verwandt.

[Lit. über Kunstseide: Süvern (687), Becker (73), Stirm (683), A. Herzog (353), Hottenroth (384a), Reinthaler (565a).

Die in neuerer Zeit in der amerikanischen Fachliteratur manchmal erwähnte »synthetische Wolle« ist, wie man aus der nebenbei auftretenden Bezeichnung »cotton wool« schließen kann, wahrscheinlich eine metamorphosierte Baumwolle, die durch zweckentsprechende Behandlung mit Säuren von bestimmter Konzentration erhalten wurde und nach Aussehen, Anfühlen, wärmenden Eigenschaften und Aufnahmefähigkeit für Farbstoffe eine gewisse Ähnlichkeit mit tierischer Wolle zeigt. Merzerisierte, gebleichte Baumwolle verliert z. B. durch Behandlung mit Schwefelsäure von 49—50½° Bé den Glanz und wird weicher und wollähnlicher. Über »synthetische Wolle« siehe Ganswindt (247a).

Über die Verwendung der »Virgofasern«, die eine Länge von 4—6 mm haben, siehe S. 487.

Die ungeheuer große Menge von Baumwollpflanzen, die zur Erzeugung der Faser benötigt wird, macht es begreiflich, daß man bestrebt ist, die Nebenprodukte der Faserpflanze möglichst auszunutzen. Von großer Bedeutung für die Ölgewinnung sind die Baumwollsamen (siehe Fette und Öle) geworden. In neuerer Zeit hat man auch die Stengel der Baumwollpflanze mit Erfolg in der Papierfabrikation eingeführt.

2. **Wolle der Wollbäume** (Pflanzendunen). In der Fruchtkapsel der Bombaceen ist eine feine, seidige, die Samen umhüllende Wolle in reichlicher Menge vorhanden, die seit alter Zeit gesammelt und verschieden verwandt wird. Diese Wolle geht nicht wie die Baumwolle von den Samen, sondern von der inneren Fruchtwand aus. Die Wolle der Wollbäume ist also keine Samenwolle wie die Baumwolle, sondern ist den Geweben der Frucht zuzuzählen.

Es gehören hierher vor allem die in Brasilien gewonnene »Paina limpa«, das Produkt »Kapok« der Sundanesen und die im europäischen Handel unter dem Namen »Pflanzendunen«, »Ceibawolle«, »Patte de lièvre« und »édrédon végétale« vorkommenden Waren. Im deutschen Handel hat sich in neuerer Zeit für die Wolle der Wollbäume (besonders für die Wolle von *Eriodendron anfractuosum*) der Name Kapok zum Unterschiede von den vegetabilischen Seiden, die man als Akon zusammenfaßt, eingebürgert. Der Name Kapok nimmt überhaupt immer mehr einen internationalen Charakter an, was hinsichtlich des Wortes Akon noch nicht gesagt werden kann.

Die Paina limpa ist die Wolle von *Bombax heptaphyllum* L. und anderen in Südamerika und Westindien vorkommenden Wollbäumen. Auch *B. carolinum*, eine südamerikanische Bombacee, liefert eine Art Paina. Sonst sind von Bombax-Arten, deren Wolle praktisch verwandt wird, noch zu nennen *B. cumanense*, die in Venezuela ein Polstermaterial liefert, genannt Lana vejetale, *B. rhodognaphalon*,

Abb. 23.
Frucht von *Eriodendron anfractuosum*, oben sich öffnend, ¾ natürl. Größe.

der wilde Kapok der ostafrikanischen Steppen, der gutes Stopfmaterial für Kissen liefert, und *B. malabaricum* (= *Salmalia malabarica*), dessen Wolle im Handel als indische Pflanzendunen erscheint, aber unter anderm auch aus Ecuador in den Handel kommt. Andere fruchtwollliefernde Bombax- und Pachira-Arten siehe die systematische Übersicht der Faserpflanzen S. 471. In Mittelamerika soll *Bombax emarginatum* Decn. ein besseres Polstermaterial geben als *Eriodendron anfractuosum*. (Bull. misc. inform. Bot. Dept. Trinidad, 1904, VI, S. 109.)

Was im Handel unter dem Namen Kapok vorkommt, war ursprünglich nur und ist jetzt gewöhnlich die Fruchtwolle von *Eriodendron anfractuosum* (der Kapokbaum der Holländer, der silk cotton tree der Engländer), ein Baum, der in Indien und auf dem Archipel häufig vorkommt und übrigens auch im tropischen Afrika, in Mexiko und auf den Antillen zu Hause ist.

Das édrédon végétale, auch patte du lièvre genannt, stammt von *Ochroma lagopus*, einer westindischen, auch im heißesten Südamerika vorkommenden Bombacacee, die auf Guadeloupe und Martinique auf Wolle ausgebeutet wird. Unter dem Namen »Ouate végétale« kommen die verschiedensten Wollen vor, die wahrscheinlich nicht nur von Bombax- und Ochroma-, sondern auch von Chorisia-Arten herrühren.

Die Wolle der Wollbäume hat ein schönes, glänzendes Aussehen, aber nur geringe Festigkeit und Dauerhaftigkeit, so daß sie nicht den Eindruck einer spinnbaren Faser macht. Sie soll aber dennoch teils als solche, teils mit Baumwolle gemengt, versponnen werden, worauf wir unten noch zurückkommen. Als Watte und als Polstermaterial wird sie häufig verwandt.

Die Wolle aller Bombaxarten hat einen starken seidigen Glanz und unterscheidet sich in der Feinheit und leichten Zerreißbarkeit der Fasern selbst von den schwächsten Sorten der Baumwolle, schon ohne jede weitere genauere Untersuchung.

Die Wolle der Wollbäume ist in der Regel rein, ziemlich frei von Beimengungen. Die Samen der Pflanzen, besonders unreife, kommen manchmal darin vor. Den unreifen Samen, die stets stark zusammengeschrumpft sind, haften oft mechanisch noch Haare an und dies ist wohl der Grund, warum gerade sie in den käuflichen Bombaxwollen manchmal vorkommen. Die reifen Samen haben eine glatte Oberfläche und lassen sich deshalb leicht von der Wolle trennen. Die Samen sind von eiförmiger bis bauchig-bohnenförmiger Gestalt, braunschwarzer Farbe und haben Hanfkorn- bis Erbsengröße.

Die Bombaceenwolle ist nur selten rein weiß; fast immer zieht sie ins Gelbliche oder Bräunliche, manchmal ist sie graubräunlich oder tief bräunlich gefärbt. Die gelbliche bis bräunliche Farbe hat ihren Sitz in der Zellmembran. An graubraunen

Wollen hat Wiesner die Beobachtung gemacht, daß die einzelnen Haare von innen her mit zarten Pilzwucherungen bedeckt sind. Aufbewahrung in feuchten Räumen ist die Ursache dieser Bildungen. Die Paina limpa ist oft ziemlich weiß, ebenso Kapok. Dagegen hat eine andere brasilianische Painasorte eine lichtbräunliche (licht havannabraune) und die Ochromawolle eine gelbbraune Farbe (Färbung der Nankingwolle). — Die Farbe ist kein sicheres Unterscheidungsmerkmal für die Bombaxwollen, da keine Sorte

Abb. 24.
Fruchtwolle von *Eriodendron anfractuosum*. *b* Basis, *s* Spitze. Vergr. 220.

völlig frei von Farbstoff ist und an einzelnen Spezies Übergänge von lichtgelb bis fuchsbraun auftreten.

Die Haare aller Bombaxwollen sind fast immer nur einzelne Zellen. Nur sehr selten findet man sie zweizellig, ein Fall, den Wiesner an Baumwolle nie beobachtet hat. Die Gestalt der Haare ist fast immer kegelförmig. Doch ist der Grund der Haare fast immer entweder etwas eingeschnürt oder ausgebaucht. Starke Abweichung von der konischen Gestalt kann bei den Haaren von *Ochroma lagopus* beobachtet werden (s. unten).

Die Länge der Haare dieser Wollen schwankt gewöhnlich zwischen 1 und 3 cm. Die Haare von *B. carolinum* erreichen nur eine Länge von 1—2 cm, länger sind die von *B. heptaphyllum*. Eingehende Untersuchungen über den Stapel des Kapok, nämlich der Wolle von *Eriodendron anfractuosum*, hat Lincke (462) angestellt. Die durchschnittliche Länge dieses wichtigsten Wollhaares beträgt 15—35 mm.

Der größte Durchmesser der einzelnen Haare schwankt zwischen 19 und 43 μ, meist jedoch zwischen engeren Grenzen, nämlich zwischen 21 und 29 μ. Die Wanddicke ist sehr gering, häufig beträgt sie nur 1,3 μ. Im Mittel verhält sich die Wanddicke dieser Haare zum Durchmesser des Innenraums der Zelle wie 1 : 10 (bei der Baumwolle im Mittel etwa wie 4 : 10), und so lehren schon diese Zahlen, daß Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Bombaceenwolle nur sehr gering sein können.

Die Kutikula ist an den Haaren der Bombaxwolle stets stark entwickelt, doch findet man sie fast immer völlig strukturlos. Nur an einzelnen Haaren zeigt die Kutikula eine überaus feine der Axe parallele Streifung. Sehr deutlich hat Wiesner eine solche Längsstreifung an einzelnen Wollhaaren von *Cochlospermum gossypium* beobachtet, deren Wolle so wie Bombaxwolle verwandt werden soll.

Die eigentliche Wand der Haarzelle besitzt an einzelnen Stellen eine sehr klar ausgesprochene Struktur, welche es ermöglicht, die Bombaxwolle von verwandten Fasern (Baumwolle, vegetabilische Seide) auf das bestimmteste zu unterscheiden. Betrachtet man nämlich ein Bombaxhaar, z. B. eine Kapokfaser bei etwa 300facher Vergrößerung, so erkennt man, meist an der Basis, seltener an der Spitze oder an irgendeiner anderen Stelle eine ringförmige Streifung, so daß man eine Ringfaserzelle vor sich zu haben meint. Starke Vergrößerungen lehren dagegen, daß die betreffenden Stellen eine netzförmige Verdickung besitzen, in ihrer Gesamtansicht deutlich gewellt. Eine ausgesprochen schraubenförmige Drehung, wie bei Baumwolle, ist nicht zu beobachten, doch scheint manche Faser, besonders im unteren Teil, auch ganz unmerklich um ihre Achse gedreht zu sein. Die Haare sitzen mit ihrem nach unten etwas verjüngten Fuß in einer kleinen polsterförmigen Erhebung der Fruchtwandoberhaut und zeigen im unteren Teil meist einen etwas abgebogenen, in einem schiefen Winkel gegen die Fruchtwand gerichteten Verlauf. Wie die außerordentliche Dünne der Zellwand nicht anders erwarten läßt, sind die Haare der

Bombaxwolle häufig verletzt. Fast immer sind solche beschädigte Zellen eingeknickt. Die Bruchlinien stehen meist mehr oder weniger senkrecht zur Achse. Längsspalten kommen an den Haaren dieser Wolle wohl nie vor. Mit Phlorogluzin und Salzsäure behandelt, werden nach einiger Zeit die Wollhaare aller untersuchten Bombaceen schwach rotviolett gefärbt; ihre Zellwände sind somit schwach verholzt. Durch Jod und Schwefelsäure werden die Zellwände nicht gebläut (wie Baumwolle), sondern gelb oder braun gefärbt. Kupferoxydammoniak verändert sie nach Wiesner fast gar nicht, nach Tobler (694) wird die Faser zuweilen faltig verbogen oder rollt sich und häufig zeigt sie kreisrunde Aufbruchstellen.

Die angeführten morphologischen und chemischen Kennzeichen genügen, um die Bombaxwolle von allen verwandten Faserstoffen (Baumwolle und vegetabilischer Seide) auf das bestimmteste zu unterscheiden. Schon durch die Reaktion auf Zellulose mit Jod und Schwefelsäure und auf die Holzsubstanz mit Anilinsulfat oder Phlorogluzin + Salzsäure gelingt es, wie Wiesner fand, diese drei aus Haaren bestehenden Faserstoffe zu charakterisieren, wie folgendes Schema zeigt.

Durch Jod und Schwefelsäure blau: Baumwolle.

Durch Jod u. Schwefelsäure gelbbraun | durch Anilinsulfat gelblich, durch Phlorogluzin + Salzsäure nach einiger Zeit blaß rotviolett: Bombaxwolle.

Durch Jod u. Schwefelsäure gelbbraun | durch Anilinsulfat intensiv zitrongelb, durch Phlorogluzin + Salzsäure intensiv rotviolett: Vegetabilische Seide.

So leicht es ist, die Bombaceenwolle von allen anderen Fasern und selbst von den zunächst verwandten (Baumwolle und vegetabilische Seide) mikroskopisch zu unterscheiden, so schwierig ist es nach Wiesner, die Wolle verschiedener Bombaceen auseinanderzuhalten. Dies hat auch keine besondere praktische Bedeutung. Am wenigsten schwer wird es sein, die Wolle von *Ochroma lagopus* von den übrigen Bombaceenwollen zu unterscheiden. Die Haare dieser Wolle sind stets einzellig, verhältnismäßig am tiefsten braun gefärbt und am schwächsten verholzt; die Kutikula dieser Haare ist völlig strukturlos. Die Form der Zellen ist nicht regelmäßig konisch, sondern baucht sich bis etwa zur oder bis hinter die Mitte aus, um sich gegen die Basis hin wieder rasch zu verschmälern, ja oft förmlich einzuschnüren. Der Querschnitt der Faser ist gewöhnlich kreisrund, doch kommen nicht selten auch fast bandförmig gestaltete und dann meist bandartig gewundene Haarformen vor. Die größten Durchmesser der Haare schwanken zwischen 16 und 35 μ; die Wanddicken zwischen 3 und 8 μ. Die Wanddicke ist im Verlauf der Faser ungleich, häufig etwa in der Mitte der Faser am stärksten. Nicht selten ist die Spitze des Haares und auch der Grund stark verdickt. — Es treten an den Haaren der *Ochroma lagopus* ähnliche Strukturverhältnisse auf wie bei den Wollen der oben genannten Bombaxarten, aber nie mit gleicher Deutlichkeit. Viele Haare erscheinen geradezu strukturlos. Am Grunde jedes Haares tritt eine bräunlich gefärbte, bei Behandlung des Haares mit Wasser schaumig werdende Inhaltsmasse auf. Im Inhalt der Zellen findet man oft Kalziumoxalat in sogenannten Briefkuvertformen. Die Zellwand ist stets gelblich bis lichtbräunlich gefärbt. — Die Haare von *Eriodendron anfractuosum* sind nach Wiesner von denen der eigentlichen Bombaxarten (*Eriodendron anfractuosum* ist früher auch zu *Bombax* gezogen worden) nicht mit Sicherheit zu unterscheiden [Wiesner (762), Höhnel (374)].

Der in der Zellwand der Bombaceenhaare auftretende gelbe oder braune Farbstoff zeigt bei allen von Wiesner untersuchten Arten (von *Bombax, Eriodendron, Ochroma*) das gleiche Verhalten. Weder durch Wasser, noch durch Säuren oder Alkalien, noch durch die Lösungsmittel der Harze läßt sich dieser Farbstoff in Lösung bringen. Salpetersäure ruft in der Zellwand anfänglich eine noch dunklere Farbe hervor. Auch durch Ammoniak wird die Farbe der Zellwand noch dunkler. Durch längere Einwirkung kalter Salpetersäure entfärbt sich unter Aufquellung der Zellwand die Zelle völlig. — Der Farbstoff der Bombaceenwolle verhält sich

nach Wiesner so wie der Farbstoff der Nankingbaumwolle (vgl. oben S. 506).

Kapok. Die wichtigste Sorte der Bombaceenwolle ist die schon mehrfach erwähnte Fruchtwolle von *Eriodendron anfractuosum* D. C. (*Ceiba pentandra* Gaertn. = *Bombax pentandrum* L. = *Gossampinus alba* Ham.), dem Woll- oder Kapokbaum (white cotton tree), auf Java »randoe« genannt. Über die verschiedenen einheimischen Namen des Kapokbaums siehe Schilling (632, S. 107). Die Handelsnamen waren bisher sehr wechselnd. Wie schon bemerkt, bürgert sich immer mehr und mehr der holländische Name Kapok ein.

Kapok ist in neuerer Zeit ein ziemlich wichtiger Handelsartikel geworden und eine reiche Literatur verbreitet sich sowohl über die Kultur des Kapokbaumes wie über die Eigenschaften des Materials und deren Verwendung. [Lit.: Lincke (462); Bley (90); Saleeby (611); Herzog (337); Iterson (391), Brück, Tropenpflanzer (15) XVI, 1912; Cantzler (140); Fruwirth (244).] Die größte Menge und die beste Sorte von Kapok liefert Java, nämlich 80 % der in den Welthandel eintretenden Ware; aber die Produktion ist dort noch im Steigen begriffen. Java führte aus:

1906	5700 t	Kapok
1909	8300 t	„
1911	9900 t	„

Für 1914 gibt Iterson (391, S. 77) die Ausfuhr von Kapok aus Java und Madeira mit ungefähr 150 000 pikol (etwa 9300 t) an, wovon mehr als die Hälfte über den Hafen von Semarang exportiert wurde.

Der wichtigste europäische Handelsplatz für Kapok ist Amsterdam, wo vor dem Kriege mehr als zwei Fünftel der javanischen Kapokernte verhandelt wurde. Während des Krieges war die Einfuhr an Kapok und somit der Amsterdamer Kapokmarkt sehr zurückgegangen, aber 1921 wurde bereits wieder der Umsatz von 1914 erreicht. Bisher ist bezüglich Kapok die Nachfrage immer noch größer als das Angebot, so daß der Preis, der Mitte 1926 in Amsterdam 91 Cents für $^1/_2$ kg betrug, während er vor 1914 etwa um die Hälfte niedriger war, höher ist als der der Baumwolle. [Vgl. D. Deutsche Leinenindustrie (12) 45, 1926, S. 550.]

Die Heimat des Kapokbaumes ist noch nicht sicher bekannt; einige Botaniker vermuten sie im tropischen Amerika, andere in Ostasien. Auf Java ist der Kapokbaum nicht wild, aber verwildert [S. H. Koorders (421)]. Auf Java wird der schnellwachsende Baum mit Kaffee und Kakao zugleich oder als Straßenbaum (Telegraphenstange) kultiviert, auch wird er als Einfriedigung von Kulturstücken gezogen. Die Vermehrung des in der Kulturform ziemlich stachellosen Baumes geschieht entweder durch Samen oder rationeller durch Stecklinge. Der hauptsächlich aus Haaren (Wolle) und Samen bestehende Fruchtinhalt wird aus der gelblich-braunen, 10—20 cm langen, 3,5—5,5 cm breiten Frucht mit der Hand herausgenommen. Zur Gewinnung guten Kapoks sollen nur reife Früchte verwendet werden, da unreife Früchte nur eine geringere Sorte liefern, weil die Fasern nur schwächeren Glanz und weniger schöne Farbe zeigen und gegen das stärkere Zusammenpressen bei der Herstellung von Exportballen nicht entsprechend widerstandsfähig sind. Die Eingeborenen verstehen es aber, aus unreifen Früchten durch eine Art Fermentation in unbedeckten Haufen eine dem Aussehen nach schönere Faser zu erzielen und dadurch gut ausgereiften Kapok vorzutäuschen. Die schwarzbraunen, runden Samen, die dem Gewicht nach ungefähr zwei Drittel des Fruchtinhaltes ausmachen, bilden ein zur Ölpressung geeignetes Nebenprodukt. Die Befreiung der Faser von den zwischen ihnen auftretenden Samen erfolgt, nachdem die herausgenommenen Fasermassen an der Sonne getrocknet wurden, bei kleinen Mengen mit der Hand, bei größeren Mengen durch Daraufschlagen mit dünnen Bambusstöcken oder mit Hilfe von Maschinen, wobei dann allerdings eine etwas weniger elastische Faser erhalten wird. Für den Export wird der Kapok durch Pressen auf ein kleineres Volumen gebracht, doch darf die Pressung nicht so weit wie bei Baumwolle getrieben werden, weil sonst die Faser durch Brechen leidet.

Auf Niederländisch-Indien kommt außer dem Kapokbaum noch eine andere praktisch sehr wichtige Bombaxart vor, und

zwar *Bombax malabaricum* D. C. (»randoe alas« von den Javanern genannt), die aber merkwürdigerweise dort zur Fasergewinnung nicht benutzt wird [Iterson (391)].

Von anderen tropischen Gebieten, die Kapok in den Handel bringen, wären hauptsächlich die folgenden zu nennen: Venezuela, dessen Produkt sogar besser als das javanische sein soll (Tropenpflanzer XV, 1911, S. 456), Deutsch-Ostafrika (Tropenpflanzer IX, 1905), wo Kapok als Nebenkultur gute Erträge lieferte, Togo und Adamana (dort wurde nach Tropenpflanzer XVI, 1912, Beiheft, auch *Bombax buonopozense* Beauv. ausgebeutet). Auch in Austalien wird Kapok gewonnen, ebenso in Mauritius und in Oaxaca (Mexiko; Kapok wird dort unter dem Namen Pochote exportiert). In der Literatur wird auch Ekuador als Produktionsland des Kapoks genannt, wo aber nur eine geringe, angeblich von *Bombax malabaricum* herrührende Kapoksorte gewonnen werden soll. Dem Javakapok dürfte auch durch Kultur des Kapokbaumes in Britisch-Indien und auf den Philippinen in Zukunft ein Konkurrent erwachsen. In neuester Zeit wurde der Anbau des Kapokbaums auch für einige Mittelmeerländer, wie Spanien, Italien, Griechenland, ferner für Teile des Balkans und gewisse Gebiete Rußlands in Vorschlag gebracht.

Eingehende Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften des Kapoks wurden von Lincke angestellt (462). Das spezifische Gewicht wurde mittels der Auftriebmethode bestimmt. Einschließlich Luft beträgt es für Kapok 0,30—0,32 (für Akon 0,34—0,36). Nach vollständiger Evakuierung ergab sich als spez. Gewicht für Kapok 1,32 (für Akon 1,42). Der Höchstgehalt an hygroskopischem Wasser beträgt für Kapok 28,5% (für Akon 26%).

S. Schwalbe und R. Troeltzsch haben 1913 [Tropenpflanzer (15) XVII, Dezember] Beiträge zur chemischen Beschaffenheit des Kapoks geliefert, wobei sie ostafrikanische Ware mit der indischen (javanischen) verglichen.

Als Höchstwert des Gehaltes an hygroskopischem Wasser wurden bei afrikanischem Kapok im lufttrocknen Zustande 10,3, bei javanischem 9,4 % gefunden. Die Asche beider Sorten ist infolge hohen Eisengehaltes rotbraun. Afrikanischer Kapok gab 2,41—2,49, javanischer 1,27 bis 1,34 % Asche. In ersterem wurde 69,9 bis 71,6, in letzterem 66,4—75,4 % Zellulose gefunden. Rohfett (Fett und Wachs) waren nur in sehr geringer Menge nachweisbar. Der Stickstoffgehalt, der für Baumwolle = 0,2—0,3 gesetzt wird, betrug bei afrikanischem Kapok 0,30—0,33, bei indischem 0,34—0,35 %.

Der Kapok ist nach bisherigen Erfahrungen das beste Material für Rettungsgegenstände, wie Schwimmgürtel u. dgl. Er übertrifft nicht nur in Beziehung auf Tragkraft die anderen bisher verwandten Materialien (Kork, Renntierhaare, Sonnenblumenmark), sondern ist auch dadurch ausgezeichnet, daß er nach Tränkung mit Wasser rasch wieder trocknet und seine früheren Eigenschaften wiedergewinnt. Gepreßter Kapok vermag das 36- bis 37 fache des eigenen Gewichtes zu tragen. Nach den Untersuchungen der Deutschen Physik.-techn. Reichsanstalt übersteigt der passend gepreßte Kapok (1 g auf 40 cm^3) das Sonnenrosenmark an Tragfähigkeit noch um ein Drittel bis ein Viertel und erleidet beim Eintauchen in Wasser und Wiederabtrocknen keine nachweisliche Veränderung, während Sonnenblumenmark viel langsamer trocknet und in wiedergetrocknetem Zustand nicht mehr die ursprünglichen Eigenschaften erlangt.

Als ausgezeichnetes Polstermaterial ist Kapok außerordentlich wichtig geworden. In neuerer Zeit wird er auch sterilisiert als Ersatz für Baumwolle in der Chirurgie angewandt. Viele Versuche sind namentlich von der Chemnitzer Aktienspinnerei unternommen worden um Kapok für textile Zwecke zu verwenden. Es wurden Kapokgarne, Kapokzwirne und Kapokgewebe erzeugt, letztere als reine und gemischte Gewebe (Kapok in Mischung mit Baumwolle und dem unten bei vegetabilischer Seide erörterten Akon). Nach fachmännischem Urteil scheint Kapok als Spinn- und Webmaterial nur eine geringe Zukunft zu haben und selbst für die geringsten Baumwollsorten keinen wirklichen Ersatz zu bieten [Herzog (337)].

Nach Schwalbe und Troeltzsch besitzt der Kapok, wie sich der Papier-

techniker ausdrückt, eine große Räumigkeit, d. h. er besitzt, seinem histologischen Charakter entsprechend, die Fähigkeit, das Volum des Papiers sehr zu vermehren. Deshalb ist er besonders zur Herstellung von Dachpappe geeignet und konnte die bisher als Zusatz zur Dachpappe benutzte teure Schafwolle ersetzen.

Von einer Anzahl Bombacaceen (wie *Bombax malabaricum* D. C., *B. quinatum* Jacq., *B. pubescens* Mart., *Pachira aquatica* Aubl. usw.) können auch die

Abb. 25.
Pulufaser. Vergr. 100.

Bastfasern der Rinde zur Erzeugung von Seilerwaren verwertet werden.

Pulufaser. Im Anschluß an die Pflanzendunen im engeren Sinne sei hier noch auf ein Polstermaterial hingewiesen, das aus den glänzend goldbraunen, weichen, leicht zerreißlichen Spreuhaaren gebildet wird, die am Grunde der Wedel von verschiedenen tropischen Farnbäumen (*Cibotium Barometz* Link, *C. Menziesii* Hook., *C. glaucum* Hook. et Arn., *C. Chamissoi* Kaulf., siehe systematische Übersicht bei Cyatheaceen) auftreten und als »Pulu« oder zum Teil als »Golden moss« in den Handel kommen. Die nach Höhnel (215) bis 5 cm langen Haare werden aus einer Reihe ganz flacher, bandartig zusammengefallener, meist lufthaltiger, bis 600 μ langer, meist 70—100 μ breiter, dünnwandiger, an einzelnen Stellen um die Achse verdrehter Zellen gebildet, deren etwas dickere Querwände senkrecht auf den Längswänden stehen, vgl. Abb. 25.

Penawar Djambi (*Penghawar Djambi*) stammt von *Cibotium Barometz* Link.

In sterilisiertem Zustand können die Haare auch als »blutstillendes Mittel« (als »pili haemostatici«) verwendet werden. Siehe Tschirch (717), II, S. 246—250.

3. Vegetabilische Seide. Die Haare des Samenschopfes einiger Apocynaceen und Asclepiadaceen sind so lang und glänzend, daß man vielfach versucht hat, allerdings mit unbefriedigendem Erfolg, sie zu verspinnen und zu verweben. Diesen Samenhaaren hat man wegen ihres seidenartigen Aussehens den Namen »Vegetabilische Seide« (Pflanzenseide, silk cotton, soie végétale oder Soyeuse) gegeben.

Seinerzeit hat man sich bemüht, die sogenannte syrische Seidenpflanze *Asclepias syriaca* (Syn.: *A. cornuti*), die eigentlich aus Nordamerika stammt und häufig in unseren Gärten als Zierpflanze gezogen wird, auf vegetabilische Seide auszubeuten. Die in Balgkapseln enthaltenen stark glänzenden Samenhaare wären wohl lang genug, um versponnen werden zu können, auch wäre der Ertrag des Bodens an dieser vegetabilischen Seide, allerdings an entsprechend warmen Standorten und bei guter Pflege, genügend; allein nähere Untersuchungen haben gelehrt, daß die seit langer Zeit immer wieder auftauchenden Hoffnungen, die man in die Verwendbarkeit dieser Fasern setzte, ganz grundlos sind: die Festigkeit der Faser ist viel zu gering, die Brüchigkeit so groß, daß es kaum, d. h. nur mit Überwindung großer technischer Schwierigkeiten, gelingt, die Faser für sich zu verspinnen, wobei noch dazu der Glanz des Rohstoffes im Garn verschwunden ist [Schürhoff (639)]. Mit Baumwolle gemengt versponnen, fällt diese vegetabilische Seide beim ersten Gebrauch oder beim Waschen des Gewebes heraus. Auch zur Bereitung von Schießwolle läßt sie sich nicht verwenden, da sie zu viel Asche hinterläßt und überhaupt nicht schnell genug abbrennt. — Die Versuche mit diesem Spinnstoff ziehen sich durch mehr als ein Jahrhundert. Obschon die Unbrauchbarkeit der Faser als Spinnstoff schon vor längerer Zeit erwiesen wurde, ist man immer wieder auf sie zurückgekommen. [Siehe Meitzen (490), Boehmer (94, S. 582),

Lecomte (456), Kaufmann (406), Schürhoff (639, S. 95).] Die Pflanzenseide von *Asclepias syriaca* ist also im besten Falle nur als Polstermaterial zu verwerten. Die Bastfaser der Stengel dieser Pflanze ist aber fest, lang und fein und kann wie die von *Asclepias incarnata* L. praktisch ähnlich wie Hanf verwertet werden.

Eine andere *Asclepias*-Art, die vegetabilische Seide liefert, ist *A. curassavica*, im tropischen Amerika heimisch und jetzt über die wärmeren Länder der Erde ver-

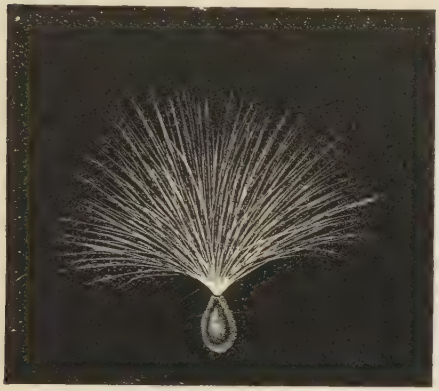


Abb. 26.
Samen von *Asclepias curassavica* mit Haarschopf (vegetabilische Seide). Natürl. Größe.

breitet. Wiesner, der vermutet, daß diese *Asclepias*-Art häufiger zur Gewinnung vegetabilischer Seide benutzt wird als *A. syriaca*, gibt von diesem Faserstoff folgende Beschreibung: In Massen, dicht beisammenliegend, zeigen die Haare einen deutlichen Stich ins Gelbliche. Der Glanz der »Seide« ist ein starker, die Festigkeit entschieden größer als bei *A. syriaca*. Die Seide ist nicht völlig rein. Stücke des Kapselgewebes und Samen treten hin und wieder zwischen den Haaren auf. Die Samen sind bräunlich gefärbt, 5—6 mm lang, etwa 4 mm breit. Auf einer schmalen, scharf abgeschnitten erscheinenden 1,5—2 mm breiten Fläche sitzen die Haare, einen dichten Schopf bildend, auf. Nahe dem Grunde sind die Haare stärker gefärbt als an den übrigen Stellen. Die Länge der Haare beträgt 1—3, meist 2,5 cm. Jedes Haar ist wie eine Baumwollfaser eine einzige Zelle. Die Form dieser Zelle ist regelmäßig kegelförmig und unterscheidet sich schon hierin und dadurch, daß sie nie spiralig gedreht ist, sehr auffällig von der Baumwolle. Der Maximaldurchmesser der Zellen beträgt 20—44 μ, die mittlere Wand-

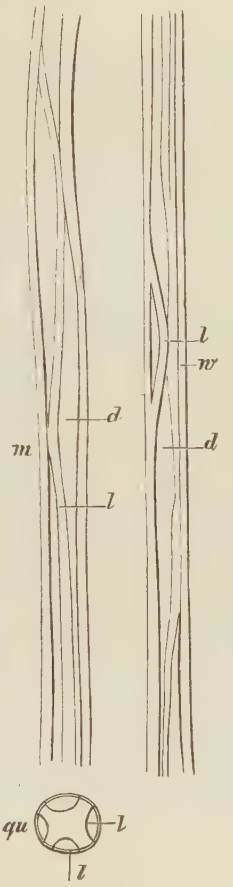


Abb. 27.
Pflanzenseide von *Asclepias syriaca* (= *A. Cornuti*). *m* Mitte, *qu* Querschnitt eines Haares, *ll* Längsleisten, *d* dünne Stelle dazwischen, *w* Wandung. Vergr. 340. (Nach v. Höhnel.)

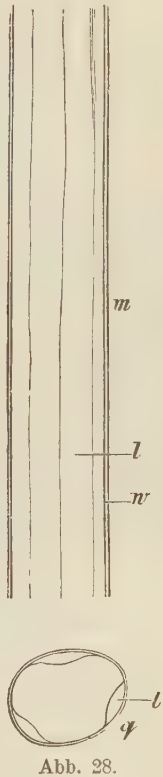


Abb. 28.
Pflanzenseide von *Strophanthus* sp. *m* Mittlerer Teil, *q* Querschnitt, *w* Wandung, *l* Längsleisten eines Haares. Diese Zeichnung bezieht sich auf dasselbe Material, welches Fig. 7 abgebildet ist. Vergr. 340. (Nach v. Höhnel.)

dicke 1,5 μ. Es scheint oft, als schwankte die Wanddicke zwischen sehr weiten Grenzen; sie beträgt oft mehr als ein Drittel des Zelldurchmessers. Dies ist jedoch auf eine eigentümliche Verdickungsweise der Zellmembran zurückzuführen, auf die v. Höhnel (369) zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Nach seinen Untersuchungen (374) unterscheidet sich die vegetabilische Seide von der Wolle der

Wollbäume dadurch, daß jedes Haar der ersteren durch innere Verdickungsleisten der Länge nach verdickt ist (Abb. 27 *gul* und *ld*).

Die vegetabilische Seide von *Calotropis gigantea* (Syn.: *Asclepias gigantea*), einer in Indien und auf den Molukken vorkommenden, auch in Venezuela und anderen warmen Ländern akklimatisierten Asclepiadacee, unterscheidet sich äußerlich von der »Seide« der *A. curassavica* nur durch eine stärkere gelbliche Färbung, die auch hier am Grunde der Haare am meisten hervortritt. Die Samen der Pflanze sind in ähnlicher Weise, wie es bei *A. curassavica* ausgeführt wurde, geformt. Die Haare sind einzellig, regelmäßig kegelförmig, bis auf den Grund gerade gestreckt, 2—3 cm, meist nahezu 3 cm lang. Das unterste Ende des Haares, von der Basis etwa 2—3 mm aufwärts, ist halbbogenförmig gekrümmt und nach dem Grunde zu merklich verschmälert. Der maximale Durchmesser der Haare beträgt 12—42, meist nahezu 38 μ. Die Wanddicke schwankt zwischen 1,4 und 4,2 μ. Selbst an einer und derselben Faser ist die Wanddicke infolge der Verdickungsleisten wechselnd. In Venezuela heißt diese Art vegetabilischer Seide »Algodon de seda« [Ernst (218, 216)].

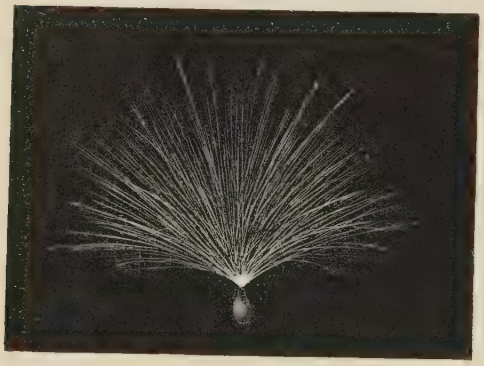


Abb. 29.
Samen von *Calotropis procera* mit Haarschopf (vegetabilische Seide). Natürl. Größe.

Es scheint, daß unter allen vegetabilischen Seiden die von *Calotropis gigantea* und *C. procera* noch am meisten Aussicht auf praktische Verwendung haben. Gerade die Seide dieser beiden Pflanzen ist es, die unter dem Namen Akon (Akunda, Madar floss, Vidusi, Seidenkapok, Widoeri-Kapok) auf den Markt gebracht wird. Die Ware kommt über Bombay nach Europa; im Jahre 1910 betrug die Ausfuhr 10 000 Ballen. Akon wird in Indien von wildwachsenden Pflanzen gewonnen. Im Jahr 1911 wurden Anbauversuche mit beiden Pflanzen in Deutsch-Ostafrika unternommen. Hygroskopizität und spezifisches Gewicht dieser Faserstoffe wurden bereits bestimmt und oben (S. 517) verglichen mit Kapok vorgeführt. Die in der Chemnitzer Aktienspinnerei angestellten Versuche, um zu prüfen, inwieweit Akon auch für textile Zwecke (Mischgewebe) verwendet werden könnte, haben zu keinem ganz befriedigenden Resultat geführt, da an Akongewebe nur geringe Anforderungen an Festigkeit und Widerstandskraft gestellt werden können. Sonst wird dieser Faserstoff als Polstermaterial und zur Erzeugung künstlicher Blumen verwandt wie die anderen vegetabilischen Seiden.

Auch eine nicht näher bekannte Spezies von *Marsdenia* liefert in Indien nach Wiesner eine Art vegetabilischer Seide. Die Haare stehen am breiten, gewölbten Ende des Samens dicht gedrängt, in strahlenförmiger Anordnung nebeneinander. Die Samenhaare sind auch an dieser Pflanze einzellig. Jede Zelle ist völlig gerade gestreckt und regelmäßig kegelförmig. Die mittlere Länge der 1—2,5 cm langen Haare beträgt 2 cm, der maximale Durchmesser der einzelnen Haare 19 bis 33 μ und die mittlere Wanddicke 2,5 μ. Die vegetabilische Seide der *Marsdenia* ist stark glänzend und nur eben merklich gelb gefärbt. Von *Marsdenia condurango* Rchb. fil. und *M. Leichhardtiana* F. Muell. ist es bekannt, daß ihre Samenhaare Stopfmaterial liefern. Von *Marsdenia tenacissima* Wight et Arn. wird in Indien aus dem Stengel eine Bastfaser gewonnen, die wegen ihrer Feinheit, Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Wasser gerühmt wird.

Senegal liefert nach Wiesner eine eigentümliche vegetabilische Seide, die von einer nicht bekannten Spezies von *Strophanthus*, einer Pflanze aus der Familie der Apocynaceen, herrührt. Die nicht sehr stark glänzenden Samenhaare sind an dieser Pflanze an einem fadenförmigen

1—2 cm langen Träger in der Weise angeordnet, daß sie letzteren rundum dicht bedecken und unter gleichem Winkel (von etwa 45°) abstehen (Abb. 30). Die einzelnen Haare sind bis auf den stets eigentümlich gekrümmten untersten Teil ziemlich gerade gestreckt und kegelförmig gestaltet. Gegen den Grund hin baucht sich das Haar deutlich aus, um sich aber am untersten Grunde wieder deutlich zu verschmälern. Die Länge des Haares steigt bis auf 5,6 cm. Die maximalen Durchmesser der einzelnen Haare schwanken zwischen 49—92 μ. Die Wanddicke ist stärker als bei den beiden schon beschriebenen Haaren und steigt gegen den Grund zu bis auf 5,9 μ. Die Haare von Strophanthus zeigen am Grunde große Poren in der Zellwand (Abb. 31). Die Samenhaare dieser Pflanze sind fast ganz wohlerhalten, der Grund dafür liegt in der größeren Festigkeit, welche durch die relativ starke Verdickung der Wand mit bedingt wird. Die Ursache, weshalb die Samenhaare von *Strophanthus* nicht so häufig wie die von *Asclepias* und *Calotropis* verwandt werden, scheint wohl hauptsächlich darin zu liegen, daß die Abtrennung der Haare vom Samenträger nicht so leicht wie bei den Asclepiadaceen gelingt. Die Strophanthus-Seide ist etwas rötlichgelb gefärbt.

Abb. 30.
Samen von *Strophanthus*. Natürliche Größe.

Nach Arnaudon (57) liefert in Ostindien *Strophanthus dichotomus* D. C. vegetabilische Seide. Die von Schilling (629, S. 253) untersuchten Samenhaarproben von afrikanischen *Strophanthus*-Arten (*St. Emini* Asch. et Pax, *St. gratus* Wall. et Hook., *St. hispidus* D. C.) sind trotz ihrer Schönheit wegen ihrer Brüchigkeit nicht verwendbar.

Die beste vegetabilische Seide, die bis jetzt bekannt geworden ist, die aber merkwürdigerweise gerade am allerwenigsten verwandt wird, besteht aus den Samenhaaren der *Beaumontia grandiflora*, einer in

Indien häufig vorkommenden Apocynacee. Die vegetabilische Seide dieser Pflanze glänzt nicht nur stärker als die der drei früher besprochenen Gewächse, sie ist

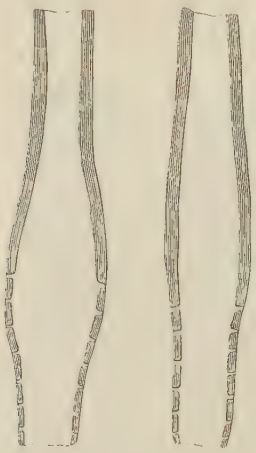


Abb. 31.
Untere Enden der Samenhaare von *Strophanthus* sp. im optischen Längsschnitt. Vergr. 300.

nicht nur fast reinweiß, während die übrigen stets einen mehr oder weniger starken Stich ins Gelbe haben, sondern sie hat eine Festigkeit, die für vegetabilische Seide geradezu beispiellos ist. Die Festigkeit

Abb. 32.
Haarschopf der Samen von *Beaumontia grandiflora* (veget. Seide). Natürl. Größe.

dieser Samenhaare steht gegen Baumwollfasern mittlerer Festigkeit nur wenig zurück. Auch ist zu bemerken, daß die Samenhaare der Beaumontien sich sehr leicht von den Samen abtrennen lassen. Die Haare stehen nach Wiesner an den Samen dieser Pflanzen auf einer schwach gewölbten, im Umriß sphärisch-dreieckigen Fläche, und zwar am Rande dieser Fläche dichtgedrängt nebeneinander. Vom Grund aus erheben sich die Samenhaare in der Fläche eines umgekehrten Kegelmantels, also ziemlich geradlinig. Noch unterhalb der Mitte krümmt sich jedes Haar etwa halbkreisförmig nach abwärts, um dann etwa geradlinig zu enden. Jedes Haar ist also stark gekrümmt. Die einzelnen Haare sind 3—4,5 cm lang, zeigen 33—50 μ im maximalen Durchmesser und besitzen eine mittlere Wanddicke von 3,9 μ. Jedes Haar ist an seiner Basis stark ausgebaucht, viel stärker als ein *Strophanthus*-Haar. Die Ausbauchung an dieser Stelle ist so groß, daß man sie als eine blasenförmige Auftreibung bezeichnen kann. Sowohl auf dem Querschnitt als in der Längsansicht werden die leistenförmigen Verdickungen erkennbar (Abb. 33). — Die Festigkeit der *Beaumontia*-Haare zeigt sich unter anderm auch darin, daß sie nach der Trennung vom Samen noch völlig wohlerhalten sind, weder eingeknickt, noch der Länge nach zerdrückt, ähnlich wie die Samenhaare von *Strophanthus*, und schon hierdurch unterscheiden sich die Samenhaare der beiden zuletzt genannten Pflanzen auf das Vorteilhafteste von denen der *Asclepias*- und *Calotropis*-Arten.

Im chemischen Verhalten lassen sämtliche Sorten von vegetabilischer Seide eine ziemliche Übereinstimmung erkennen. Durch Jod und Schwefelsäure werden sie nicht gebläut, sondern gelb bis bräunlich, selten grünlich oder blaugrün gefärbt. Frisch bereitetes Kupferoxydammoniak, das Baumwolle rasch in Lösung bringt, ruft bis auf eine schwache Bläuung an diesen Fasern keinerlei auffallende Veränderungen hervor. Durch Anilinsulfat werden alle Arten von vegetabilischer Seide intensiv zitrongelb, durch Phloroglucin + Salzsäure rotviolett gefärbt. Vergleicht man die mit diesem Reagens behandelten Sorten von vegetabilischer Seide untereinander, so ergibt sich, daß die von *Beaumontia* herrührende Sorte verhältnismäßig am wenigsten stark gefärbt wird, eine jedenfalls zugunsten der Güte dieser Samenhaare sprechende Reaktion.

Über die vegetabilische Seide der Apo-

cynaceen *Funtumia elastica* Stapf (= *Kickxia elastica* Preuss) und *Echites longiflora* Desf. und der Asclepiadacee *Gomphocarpus fructicosus* R. Br. siehe die systematische Übersicht der Faserpflanzen.

Die vegetabilische Seide von *Asclepias* und *Calotropis* wird »soi végétale de fafetone«, die von Strophanthus »s. v. de Thiock« genannt. Die Verwendung der vegetabilischen Seide in der Textilindustrie ist bis jetzt nur sehr beschränkt. Häufiger wird sie zur Verfertigung künstlicher Blumen und als Watte und Polstermaterial verwendet. Alle Sorten von vegetabilischer Seide lassen sich gut färben.

4. Einheimische Pflanzenwollhaare. In aller Kürze seien hier noch einige Faserstoffe erwähnt, die Haargebilde von einheimischen Pflanzen darstellen, für Spinnzwecke aber nicht geeignet sind und nur hie und da als Stopfmaterial verwendet werden. Hierher gehören die Wolle der Wollgräser (hauptsächlich von *Eriophorum angustifolium* und *E. latifolium*), die Pappelwolle (die Samenhaare der europäischen Populus-Arten) und die Rohrkolbenwolle (Haare der Fruchtstände von *Typha angustifolia* und *T. latifolia*).

Die Wolle der Wollgräser, die früher für Hutfilze, Mischgarne, Kerzendochte schon verwendet wurde [Boehmer (94), I, S. 576, II, S. 494], zeigt bei der oberflächlichen Betrachtung eine gewisse Ähnlichkeit mit Baumwolle; daher wurde zur Zeit des Faserstoffmangels während des Krieges von Laien auf diese Fruchtfaser wiederholt hingewiesen. H. Schürhoff (639, S. 90) hat aber auf Grund eigener Untersuchungen festgestellt, daß sich diese Fasern für Spinn- und Webzwecke nicht oder doch nur in geringem Maße eignen und daß sie ungemischt auch als Polstermaterialien nicht zu verwenden seien. Die als Perigonhaare an der Basis der Früchtchen der genannten *Eriophorum*-Arten sitzenden flachen Zotten, sind nach Höhnel (374) 1—3 cm lang, unten 30—170 μ breit, nicht oder wenig verholzt und werden aus 3—15 Reihen langgestreckter Zellen (Abb. 34) gebildet, die

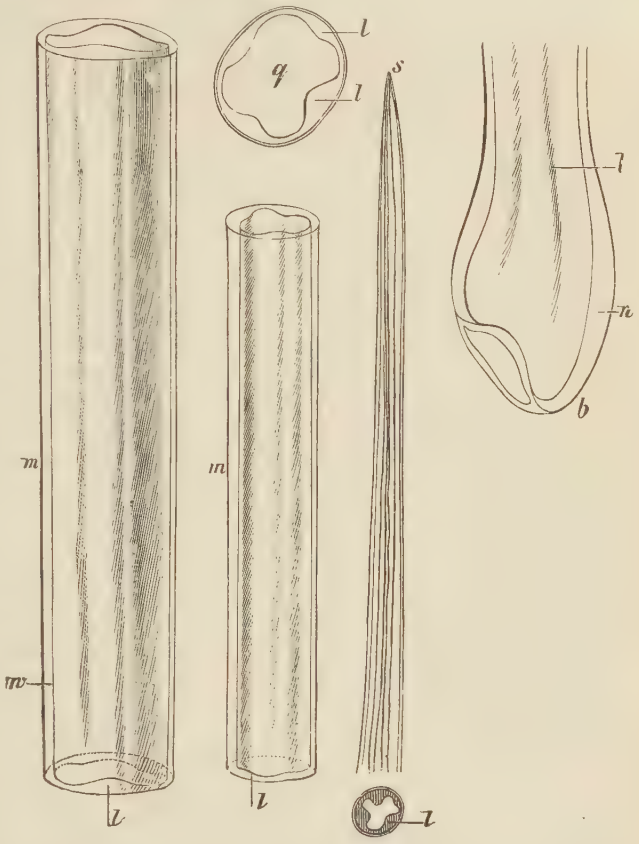


Abb. 33.
Pflanzenseide von *Beaumontia grandiflora*. *b* Basis, *s* Spitze, *q* Querschnitt, *m* Mitte des Haares, *w* Wandung, *l* Längsleisten in der Längsansicht (in *b*) und im Querschnitt bei *q*. Vergr. 340. (Nach v. Höhnel.)

nur in zwei Lagen und gegen die Spitze in einer Lage auftreten und deren Außenwände dünn, zart und leicht abreibbar sind, während die Innenwand stärker verdickt und widerstandsfähiger ist. Die Mikroskopie dieser Haare siehe Höhnel (374), 1. Aufl., S. 34, S. 59 und Ulbrich (722).

Die Rohrkolbenwolle, Lieschkolbenwolle, die Fruchthaare von *Typha angustifolia* und *T. latifolia*, werden nach Höhnel (374) aus wenigen Zellreihen gebildet, die sich aus langgestreckten,

schwach verholzten, im Mittel 10 μ breiten und 120 μ langen, ziemlich dünnwandigen Zellen zusammensetzen, deren Wände namentlich gegen die Spitze der Haare zahnartig vorspringen. Neben diesen 5 mm langen Fasern finden sich auch kleine

Abb. 34. Wolle vom Wollgras (*Eriophorum angustifolium*), aus zahlreichen Zellen bestehend. Vergr. 160.

Abb. 35. Wollhaar vom Rohrkolben (*Typha angustifolia*), aus Zellen Z bestehend, mit derben Querwänden, die in Leisten und Knoten *K* vorspringen. Vergr. 340. (Nach v. Höhnel.)

braune Früchtchen. Die Rohrkolbenwolle wurde während des Krieges als Jata-Wolle als Ersatz für Kapok vorgeschlagen, und zwar als Polstermaterial, zur Herstellung von Schwimmgürteln, für Explosivstoffe, als Füllstoff in der Streichgarnabfallspinnerei [Leykum (460) u. Mitt. D. Forsch.-Inst. f. Text.-Ind., Reutlingen (29), 1919, Nr. 5, S. 14).].

Über die Samenwolle der Schwarzpappel (*Populus nigra*) siehe v. Höhnel (374), 1. Aufl., S. 33 und S. 60.

5. Flachs. Der als Spinnstoff allgemein bekannte Flachs (lin, franz.; flax, engl.) ist die Bastfaser der Lein- oder Flachspflanze, die außerdem die Leinsamen liefert.

Die Leinpflanze gehört der artenreichen Gattung *Linum* an. Aller Flachs, der derzeit gebaut wird, und zwar in allen Weltteilen, ist nur einer Spezies dieser Gattung, nämlich dem *Linum usitatissimum,* unterzuordnen.

Die in Kultur stehenden Rassen des Leins wurden botanisch genau beschrieben, dagegen sind die bisherigen Angaben über die Abstammung und das Vorkommen des Leins im wildwachsenden Zustand noch unsicher.

R. v. Wettstein macht in der 3. Auflage dieses Werkes (S. 155) ausführliche Angaben über die mutmaßliche Abstammung der heutigen Kulturformen des Leins. Er kam zu dem Ergebnis, daß *Linum usitatissimum* L. eine Kulturpflanze sei, die in dieser Form wildwachsend überhaupt nicht vorkommt. Bezüglich der Stammpflanze von *Linum usitatissimum* vermutet Wettstein, daß diese höchstwahrscheinlich perenn war, aufspringende Früchte und niedrigere Stengel besaß und in einem im Süden oder Südosten Europas liegenden Gebiete vorkam. Er hält es daher für möglich, daß aus *Linum angustifolium,* einer im ganzen Mediterrangebiete heimischen und dort auch ziemlich reich in Rassen gegliederten Art, oder aus einer ihr nahestehenden Form durch den Einfluß der Kultur die heutigen Formen von *Linum usitatissimum* entstanden sein können.

Mit der hier vertretenen Anschauung steht es nach Wettstein und Wiesner im Einklang, daß die altägyptischen Gräbern entstammenden, recht zahlreichen Leinreste [vgl. A. Braun (124), Schweinfurth (651, 650), Koernicke (417) usw.] vielfach als dem *L. humile* entstammend erkannt wurden.

Bei der Erörterung der Frage nach der Herkunft der kultivierten Leinpflanze haben bisher stets die Funde in prähistorischen Fundstätten Mitteleuropas eine große Rolle gespielt. Solche Funde sind nicht selten; am bekanntesten sind die der Schweizer Pfahlbauten geworden. Heer (319) hat zunächst diesen Lein als *L. angustifolium* bestimmt und dies würde mit der eben ausgesprochenen Vermutung

über die Abstammung des Kulturleins sehr gut stimmen. Doch sind in neuerer Zeit berechtigte Zweifel an der Richtigkeit dieser Bestimmung laut geworden. Wettstein (vgl. 2. Aufl. dieses Buches, S. 278) hat den Pfahlbaulein von Robenhausen [Messikommer (491)] geradezu als *L. vulgare* bezeichnet. E. Neuweiler sieht in ihm eine ausdauernde, dem *L. austriacum* nahestehende Form. Gegen Neuweilers Auffassung wendet sich Thellung (in Aschersons Graebner, Synopsis der mitteleurop. Flora, 84/85. Lfg., S. 207). G. Gentner (250) kam in neuerer Zeit zu dem Ergebnis, daß der Pfahlbautenlein eine zweijährige Leinart sei, die mit dem in einzelnen Alpengegenden noch gebauten Winterlein eine große Übereinstimmung zeigt. Bei der Schwierigkeit der genauen Bestimmung einer Linum-Art aus dem hier allein in Betracht kommenden Formenkreis auf Grund von subfossilen Früchten und Samen kann die Frage nach der Natur des mitteleuropäischen prähistorischen Leins noch nicht als endgültig beantwortet bezeichnet werden. Der direkte Zusammenhang der mitteleuropäischen Leinkultur mit der des Orients kann ebensowenig geleugnet werden, wie die Möglichkeit, daß hier selbständig aus einer ursprünglich heimischen Art (etwa *L. austriacum* oder *perenne*) eine Kulturpflanze erzielt wurde, die in Anbetracht der großen Ähnlichkeit der Stammpflanze mit dem mediterranen *L. angustifolium* begreiflicherweise dem orientalischen *L. usitatissimum* überaus ähnlich gewesen sein muß.

Beim Lein, *Linum usitatissimum,* werden von den Botanikern zwei Hauptrassen oder -varietäten unterschieden, und zwar Schließ- oder Dreschlein (*L. u.* forma *vulgare* Schüb. et Mart. = *L. u.* forma *indehiscens* Neilr.) und Spring- oder Klanglein (*L. u. humile* Mill. = *L. u. crepitans* Böningh.). Der Schließlein, der als Faserpflanze allgemein gebaut wird, hat höhere Stengel, erzeugt kleinere und dunklere Samen und besitzt kahle Kapselscheidewände und nicht aufspringende Früchte. Der Springlein, der selten kultiviert wird, hat niedrigere Stengel, reich verzweigte Blütenstände, größere Früchte, behaarte Kapselscheidewände, lichtere Samen und aufspringende Kapseln. Schon aus dieser Charakteristik ist zu ersehen, daß man es bei diesen beiden Rassen mit Züchtungsprodukten zu tun haben dürfte. Der Schließlein mit seinen hohen zur Verzweigung wenig geneigten Stengeln scheint mehr als Faserpflanze, der Springlein mit seinen reichen Fruchtanlagen und großen Samen mehr als Samenpflanze gezüchtet worden zu sein. Als Industrieflachs kommt nur der Schließlein in Frage.

Außer diesen Hauptrassen kennt man vom Lein eine größere Anzahl gut charakterisierter, konstanter Formen, deren Unterscheidungsmerkmale nicht nur botanisch erkennbar, sondern teilweise auch für die praktische Nutzung bedeutungsvoll sind [Fruwirth (246, S. 57)]. Schon Friedr. Alefeld (49, S. 102) unterschied elf Varietäten, jetzt sind aber noch mehr Formen bekannt. Von auffallenderen Rassen ist zu erwähnen z. B. der selten angebaute bereits erwähnte zweijährige Lein, Winterlein (*L. u. forma hiemalis* = *L. bienne* Mill.), der noch an einigen Stellen des bayrischen Voralpengebietes, in Kärnten, Krain und Norditalien zu finden sein soll, und dann der durch seine langen Stengel ausgezeichnete Königslein (*L. u. regale* Alef.). Der ausdauernde, in Indien und Sibirien kultivierte Lein, *Linum perenne* L., eine eigene Art, wird zur Fasergewinnung nur wenig verwertet. Näheres über den Winterlein siehe E. Krämer (428).

Flachsbau und Flachsgewinnung. Der Flachs ist eine der ältesten und verbreitetsten Kulturpflanzen. Für die Rohstoffversorgung der Industrie kommt heutzutage nur der als Industriegewächs kultivierte Flachs in Frage. Der als bäuerliche Hauspflanze im kleinen kultivierte und in primitiver Weise zu Faser verarbeitete Lein liefert gewöhnlich nur Rohstoff für Garne und Gewebe des Hausgebrauchs.

Der Flachs, der eine ziemlich hydrophile Kulturpflanze darstellt, gedeiht am besten in einem feuchten, nicht zu heißen Klima (so z. B. im Mittelgebirge und in Küstenländern). Sumpfige Gegenden sind aber zur Kultur nicht geeignet. Hitze, Dürre und starke Spätfröste verträgt der Flachs nicht. Die besten Qualitäten gibt

der Flachs in feuchten Gegenden auf einem milden, lehmigen Sandboden mit durchlassendem Untergrund. Moor- oder Kalkboden oder dürrer Sand sind für ihn am wenigsten geeignet.

Von Wichtigkeit ist bei der Kultur des Industrieflachses die Fruchtfolge. Wo man rationell vorgeht, sät man im allgemeinen auf einem Felde Flachs nur alle 7 bis 8 Jahre. Die Flachsmüdigkeit des Bodens scheint aber nicht durch Bodenerschöpfung, sondern durch andere Ursachen, wie Anhäufung von Wurzelausscheidungen und Verbreitung von Schädlingen, herbeigeführt zu werden. Sie machte sich auch schon bei dem verhältnismäßig jungen Anbau des Samenflachses am La Plata geltend, also in dem für den Weltmarkt derzeit wichtigsten Produktionsgebiet von Leinsamen, wo der Flachsanbau auf Neuland die Rolle eines Wegbereiters für die landwirtschaftliche Erschließung der weitausgedehnten Pampas spielt. Welche Kulturpflanzen dem Flachs voranzugehen haben und welche Düngungsmittel anzuwenden sind, darüber sind viele Angaben in den Werken über Flachskultur enthalten, auf die aber hier nicht weiter eingegangen werden kann.

Die Industriepflanze wird immer als einjähriges Gewächs kultiviert. Aber je nachdem die Aussaat des Flachses im März oder April oder erst im Mai oder Juni vorgenommen wird, unterscheidet man Frühlein und Spätlein. Frühlein ist stets vorzuziehen und Spätlein soll nur dort kultiviert werden, wo die frühe Aussaat aus klimatischen Ursachen unausführbar ist, also namentlich in Gebirgsgegenden. Die ausgezeichneten belgischen Flächse stammen durchgängig von Frühlein.

Der Flachs als Industriepflanze erfordert eine sorgsame Pflege. Was zunächst das Saatgut anlangt, so hat man früher die Ansicht vertreten, daß der in den verschiedenen flachsbauenden Ländern gewonnene Leinsamen als Saatgut für die Spinnpflanze in der Regel nicht geeignet sei. Der größte Teil der flachsbauenden Länder verwandte daher russischen Leinsamen. Es wurden enorme Quantitäten von Leinsamen aus Rußland als Saatgut für den Flachsfaserbau ausgeführt, als bestes Saatgut Pernauer, Pskower und Revaler Leinsaat, als geringere Sorte Rigaer Saatgut. Rigaer Samen liefern widerstandsfähigere Pflanzen, verhältnismäßig viele Samen, aber eine sich relativ stark verästelnde Pflanze, was nicht erwünscht ist. Aus Pernauer Samen erzielt man hingegen Pflanzen, die sich weniger verästeln, feinere und längere Fasern, aber weniger Samen liefern. Die Faserausbeute soll größer sein als bei den aus Rigaer Leinsaat gezogenen Pflanzen. Gute Leinsaat soll ein Hektolitergewicht von mindestens 68 kg besitzen und 92 % keimfähigen Samen enthalten.

In neuerer Zeit haben Versuche ergeben, daß die Bedeutung des Samenwechsels für das Gelingen einer Flachskultur sehr überschätzt wurde, und daß auch die Absaaten aus Rigaer oder Pernauer Saatgut, sowohl was Menge als auch was Güte des gewonnenen Schwingflachses betrifft, dieselbe Leistungsfähigkeit wie die Originalsaaten zeigten, wenigstens bis zur siebenten Absaat [Kuhnert (444)]. Beim Rückgang des Ertrages bei Anbau der eigenen Absaat genügt es meistens, einen Samenwechsel in der Weise durchzuführen, daß man frisches, voll ausgereiftes, schwerkörniges, gutes Saatgut aus einer anderen Gegend anbaut. Die Einfuhr von Rigaer, Pskower, Pernauer, Revaler Leinsaat wird daher in vielen Fällen zu umgehen sein. Über die Erklärung des Abbaues siehe T. Tammes (691) und Fruwirth (246, S. 51). Gut soll auch die Ötztaler (Tiroler) Leinsaat sein. Unter Zeeländer Saatgut versteht man Samen, die in Holland als erste Frucht aus Rigaer Leinsaat hervorgegangen sind. Als Rosen- oder Kronenlein wird die erste Absaat aus eingeführter Leinsaat bezeichnet.

Für Veredlungszüchtung könnte der Faserlein noch ein ausgedehntes und erfolgversprechendes Betätigungsfeld darbieten. Auslesemomente wären dabei nach Fruwirth (246): Lebensdauer, Länge, Dicke, Astzahl, Kapselzahl, Gesamtgewicht und Faserausbeute. Pflanzen, die länger, schwerer, aber weniger dick, weniger verästelt und mit weniger Kapseln besetzt sind, dürften für die Fasergewinnung nach Fruwirth die besseren sein. Allerdings wird dabei auch auf die Faserqualität besonders zu achten sein.

Denn soll der Anbau von Flachs auf die Dauer lohnend sein und soll der Flachs mit anderen Spinnstoffen erfolgreich konkurrieren, so muß er als ein veredeltes Produkt auf dem Markt erscheinen, das nicht nur durch seine natürliche Festigkeit und Dauerhaftigkeit, sondern auch durch Reinheit, Schönheit und Spinnbarkeit die anderen vegetabilischen Rohmaterialien übertrifft.

Schädlinge der Flachspflanze sind die Flachsseide (*Cuscuta epilinum*), die den Flachsrost (Brand) erzeugende *Melampsora lini* Desm., das nach Bolley (114) die in Nordamerika häufige Flachswelke verursachende *Fusarium lini* Boll., weiter *Phoma herbarum* West., *Gloeosporium lini* und das nach A. Herzog auch als Parasit auftretende *Cladosporium herbarum* Lk., ferner Engerlinge, der Erdfloh, die Raupe der Gammaeule (*Plusia gamma*) und die Made der Flachsfransenfliege (*Thrips linaria* Uzel).

Flachs wird als Gespinstpflanze vorzugsweise in Europa gebaut. Die Nordgrenze des Flachsbaues fällt mit der der Gerste zusammen. Der Flachs kann in Mitteleuropa bis zu einer Seehöhe von 1500 m kultiviert werden. Auch Ägypten liefert Flachs, der auch der europäischen Industrie zugute kommt. Ferner wird in Algier, in Marokko, in Japan, dann auch in den kälteren, höher gelegenen Gegenden Ostindiens, wo die Baumwolle nicht gedeiht, in Nordamerika, Brasilien und Australien in neuerer Zeit Flachsbau betrieben, doch handelt es sich in den vier letztgenannten Fällen hauptsächlich um die Gewinnung von Leinsamen für die Ölproduktion. (In neuester Zeit plant Henry Ford für die Zwecke seiner Unternehmungen in Michigan großzügigen Flachs- und Hanfanbau.) Der Flachsbau in Europa, der in dem letzten Jahrzehnt der Vorkriegszeit ein ziemlich ständiges Ansteigen der Ernteziffern zeigte und nach Bräuer (122) im Jahre 1913 sogar 900 000 Tonnen Faserertrag erreicht haben soll, hat sich in dieser Zeit örtlich immer mehr und mehr auf zwei große, für die Gesamtversorgung bedeutungsvolle Zentren zusammengezogen, und zwar im Osten auf Zentralrußland (und vor allem die baltischen Provinzen), welches Gebiet mit seinen rasengerösteten, in primitiver Weise gewonnenen, aber vom Handel dann nach feststehenden Standardmustern gut sortierten Flächsen 90% des Gesamtweltbedarfs deckte, und im Westen auf Belgien (insbesonders Westflandern mit Courtray als Mittelpunkt, ferner Ostflandern und Namur) und Holland, die mit ihren Flächsen zwar der Menge nach (Jahresproduktion 30 000 Tonnen) auf dem Weltmarkt keine entscheidende Rolle spielen, aber dafür bezüglich der Qualitätsversorgung für die belgischen und irischen Feinspinnereien von größter Bedeutung sind. Außer diesen beiden wichtigen Flachsbaugebieten wird in Europa noch in Deutschland (Schlesien, Westfalen, Brandenburg, Ostpreußen, Sachsen, der Rheinprovinz, Hannover, Bayern, Schleswig-Holstein), in den ehemals österreichischen Sudetenländern (Böhmen, Nordmähren, Schlesien), in den österreichischen Alpenländern (Kärnten, Tirol), in Frankreich, Irland und Italien Flachskultur betrieben.

Der einstmals blühende Flachsbau in Deutschland und auch in den österreichischen Sudetenländern war allerdings im letzten Jahrhundert seit den siebziger Jahren infolge der Ausbreitung der Baumwoll- und der Juteindustrie und vor allem infolge der scharfen Konkurrenz der fabelhaft billigen russischen Flächse (gute Mittelqualitäten 70—80 Pfennig das kg) stark zurückgegangen und erst infolge des Faserstoffmangels im Weltkrieg setzte in Deutschland der entgegengesetzte Prozeß ein und die fast vergessene heimische Faserpflanze kam wieder zu neuer Wertschätzung.

J. Hildebrandt (Der Deutsche Baumwollindustrielle, 1919, Nr. 7) gibt folgende instruktive Zahlen über die Anbaufläche des Leins in Deutschland:

1873	133 000	ha
1883	108 000	„
1893	60 000	„
1900	33 000	„
1913	12 000	„
1916	22 000	„
1917	35 000	„
1918	55 000	„

Seither ist der Anbau zurückgegangen, denn die Anbaufläche wird für 1923 mit 45 069 ha und 1924 mit 41 377 ha angegeben. Nach einer andern Statistik (Reichs-

anzeiger v. 17. 8. 1925) wird für 1924 die Anbaufläche nur mit 37 771 ha und für 1925 mit 33 661 ha (also etwa 11 % niedriger) angeführt [D. D. Lein.-Ind. (12) 1925, 730].

Gleichzeitig mit der seinerzeitigen Vergrößerung der Anbauflächen wurde in Deutschland durch Errichtung von Flachs-Röst- und Aufbereitungsanstalten dem Landwirt die schwierige Arbeit der Aufbereitung (Rösten, Brechen, Schwingen) abgenommen und dadurch eine neue leistungsfähige Industrie geschaffen. Um die Förderung des Flachsbaues und der Aufbereitungsindustrie hat sich die Deutsche Flachsbaugesellschaft in Berlin große Verdienste erworben.

Nach den Angaben von Boerger (113, S. 77) scheint auch in Belgien und Irland eine Vergrößerung der Anbauflächen für Flachs um 50—65 % gegenüber der Vorkriegszeit eingetreten zu sein. Allerdings ist in Irland der Flachsanbau (1912: 55 062 acres, 1914: 49 253 und 1917: 107 705 acres, 1919: 95 610, 1920: 127 198, 1924: 42 838 acres) in den letzten Jahren wieder ungefähr auf die Vorkriegsausdehnung zurückgegangen [D. D. Lein.-Ind. (12) 1926]. In Oberitalien denkt man in neuester Zeit auch daran, die alte Flachskultur durch Anbau von Faserflachs wieder zu erneuern [Tobler in Faserforschung (18) 1926, 5. Bd., 200].

Über die Zukunft des deutschen Flachsbaues läßt sich jetzt noch nichts Bestimmtes sagen. Jedenfalls dürfte der Flachsbau in jenen Gebieten, in denen die Bodenverhältnisse und die klimatischen Bedingungen günstig sind und es die Landwirtschaft versteht, die Qualität zu verbessern (wie z. B. in Schlesien), auch trotz Wiederansteigen der russischen Ausfuhr gewiß noch rentabel bleiben. Der Faserbedarf der deutschen Leinenspinnerei wird von Dr. Bräuer (122) mit etwa 50 000 Tonnen beziffert, wovon durch den heimischen Flachsbau nur 50—60 % gedeckt werden können.

Von den russischen Nachfolgestaaten bemühen sich vor allem Estland und Lettland um den Wiederaufbau ihrer alten Flachskultur durch Vergrößerung der Anbaufläche, Verbesserung der Produktion und Industrialisierung der Flachsausarbeitung. Bräuer (122) gibt die Mengen, die die baltischen Staaten und Polen aus der relativ guten Ernte 1924 ausführen konnten, mit 35 000 Tonnen an. Im Jahr 1925 ist die Anbaufläche in Estland, Lettland, Litauen und Rußland bereits so ausgedehnt gewesen, daß man die Produktionsziffern von 1914 in diesem Hauptanbaugebiet wieder erreichte und dadurch auf dem mitteleuropäischen Flachsmarkt bei der Konkurrenz der billigen Baumwolle eine schwierige Lage herbeiführte. Litauen hatte seit 1919 die dem Flachsbau gewidmete Fläche stetig vergrößert; 1923 war diese bereits 52 000 ha (Flachsernte 30 000 t) und 1925 gar 76 000 ha (Ernte 38 760 t). Rußland vergrößerte 1925 gegenüber 1924 seine Flachsanbaufläche um 42 % und konnte bereits 1924 60 000 t Flachs ausführen. Lettland und Estland haben 1925 gegenüber 1924 auch eine Produktionssteigerung um 15—25 % durchgeführt [D. D. Lein.-Ind. (12) 1926].

Im grellen Gegensatz zu dem seinerzeitigen Rohstoffmangel stand allerdings die Tatsache, daß in vielen Ländern, in denen der Lein der Samen wegen zum Zweck der Ölerzeugung angebaut wird, gerade ein Überfluß an Flachsstroh herrschte, von dem man sich als unangenehmen Ballast gern befreit hätte. So wurden in den La Plata-Staaten (Argentinien und Uruguay) bei einer Anbaufläche von $1^1/_2$ Millionen Hektar und einem Ertrag von über 10 Millionen Zentner Leinsaat weit über 2 Millionen Tonnen Flachsstroh als dort wertlos verbrannt [Boerger (113, S. 74)]. Die Verwertung des Samenflachsstrohs zur Erzeugung von groben Garnen und in der Papierfabrikation, die in Nordamerika schon für das Flachsstroh der weiten Prärien in die Wege geleitet zu sein scheint, stößt in den früher genannten, für den Weltexport an Leinsaat so überaus wichtigen Staaten infolge der hohen Transportkosten vorläufig noch auf große Schwierigkeiten. Wäre das Problem der maschinellen Aufbereitung des Leinstrohs an der Produktionsstätte gelöst, so daß für den Transport nur das veredelte, bedeutend weniger voluminöse Produkt in Frage käme, dann könnte bei Kultur von Sorten, die neben günstigem Samenertrag auch noch gutes Stroh ergeben, der landwirtschaftliche Reinertrag des

Flachsbaus in diesen Gebieten noch bedeutend gesteigert werden.

Auf die anatomischen Unterschiede zwischen Faserflachs und Samenflachs hat F. Tobler (696) hingewiesen, der auch mitteilt, daß sich auch bei uns Bestrebungen bemerkbar machen, Leinsorten zu züchten, die sowohl möglichst günstigen Faser- als auch Samenertrag ergeben.

Hier seien noch einige Zahlen über die mittlere jährliche Flachsfasererzeugung in den Jahren 1901—1913 angegeben:

Rußland (ohne Finnland)	627 000 t
Österreich-Ungarn . .	36 910„
Belgien	23 000„
Frankreich	18 426„
Japan	13 609„
Großbritannien und Irland	17 750„
Holland	7 836„
Deutschland	7 000„
Italien	2 853„
Andere Länder . .	5 000„
Zusammen (Durchschnitt)	759 384 t

Nach den Angaben des Internationalen Agrikulturinstituts in Rom soll Rußlands Flachsfasererzeugung in 1912 und 1913 höhere Werte als den Durchschnittswert von 627 000 t erzielt haben, und zwar:

1912	760 000 t
1913	851 000„

[Lazarkévitch (451 a), S. 252].

Die Ernte der Flachspflanze erfolgt (nach A. Herzogs Studien über die Beschaffenheit der Bastfaser des Flachsstengels in verschiedenen Reifegraden) am vorteilhaftesten im Zustand der vorgerückten Gelbreife, da der Bast in diesem Stadium die günstigste Ausbildung aufweist und man hierbei auch noch, wenn die Trocknung des Flachses nicht auf dem Boden liegend, sondern dachförmig, mit den Samen nach oben, aufgestellt erfolgt (in sogenannten Kapellen), ausgereiften Samen erhalten kann. (Unreif geerntete Samen zeigen bei luftiger Trocknung übrigens ein gutes Nachreifungsvermögen, siehe Bredemann 133 a). Im Zustand der Vollreife haben die Flachsfasern infolge Verholzung ihrer Wände bereits an Weichheit und an Teilbarkeit und somit an Brauchbarkeit für feinere Gespinste wesentliche Einbuße erlitten. Die blühreifen oder grünreifen Stengel mit ihrem die Trocknung erschwerenden höheren Wassergehalt zeigen hingegen Fasern, die noch nicht vollständig ausgebildete Wände aufweisen und daher weniger fest sind. Allerdings sind nach Herzog die Bastbündel dieser Pflanzen infolge der geringen Verholzung der Mittellamellen (primäre Membran und eigentliche Mittellamelle) dafür viel besser teilbar und deshalb für die Herstellung feinerer Garne geeignet, an die man weniger hohe Ansprüche an Festigkeit stellt (wie z. B. in der belgischen Spitzenerzeugung); Behne (75) wählt als Kennzeichen der richtigen Reife des Flachses die Ausbildung des Samenkornes. Er erntet, wenn die Kapseln braun geworden und in den einzelnen Fächern die Samen erst an der unteren Spitze sich zu bräunen beginnen, im übrigen aber noch grün sind.

Die Ernte der Flachspflanze erfolgt in der Regel nicht durch Schnitt, sondern durch Ausraufen; es wird also die Pflanze mittels der Hand mit der Wurzel aus dem Boden gezogen, eine stark ermüdende Tätigkeit, die bei größeren Flächen allerdings viele Arbeitskräfte erfordert. Das Bestreben, durch Anwendung von Flachsraufmaschinen oder Flachsschneidemaschinen menschliche Arbeitskräfte zu ersparen, scheint bisher noch nicht durch Erfolg gekrönt zu sein.

Nach der Trennung des Flachses von der Erde läßt man den Flachs nicht längere Zeit auf dem Boden liegen, wodurch Faser und Samen an Qualität leiden würden, sondern stellt ihn zum Zwecke des Trocknens zu sogenannten »Kapellen« auf. Durch das Trocknen in gut gesetzten »Kapellen« wird die Qualität des Flachses verbessert.

Im wesentlichen besteht die Flachsbereitung darin, daß man die Bastfaser des Hauptstengels, die aus einem einzigen Kreise von in der Längsrichtung verlaufenden Faserbündeln besteht, von allen übrigen Bestandteilen der Pflanze trennt (s. Abb. 32). Seitenäste und Früchte, letztere zum Zwecke der Samengewinnung, werden von dem Hauptstengel und der damit in Verbindung bleibenden Hauptwurzel nach erfolgtem Trocknen der gerauften Pflanze an der Luft entfernt. Diese Abscheidung erfolgt durch das Riffeln

(Reffeln) oder durch Abklopfen mit dem Schlägel. Das Dreschen ist zur Entsamung nicht geeignet, da dadurch der Flachsstengel beschädigt und die Ausbeute an langer Faser vermindert wird. Das Abriffeln der Flachsstengel mit der Hand, bei dem der Flachs durch einen eisernen Kamm gezogen wird, ist aber eine zeitraubende und anstrengende Tätigkeit. Man verwendet daher schon längere Zeit Flachsentsamungsmaschinen, von denen die erst vor wenigen Jahren erfundene Haasesche Flachsriffelmaschine nach Kuhnert (445) bereits eine ganz befriedigende Leistungsfähigkeit zeigt. Die Samen können als Saatgut oder als Schlag- und Futterbau verwertet werden.

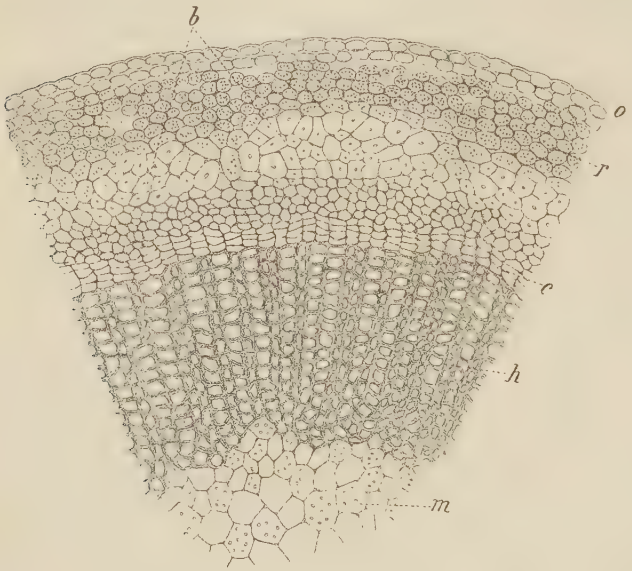


Abb. 36.
Ein Stück des Querschnitts durch den Flachsstengel *(Linum usitatissimum)* mit drei (kollateralen) Gefäßbündeln, welche am deutlichsten an den drei Bastbündeln *(b)* zu erkennen sind. *o* Oberhaut, *r* Rindenparenchym, *c* Kambium, darüber (gegen die Oberhaut zu) das Phloem der Gefäßbündel, bestehend aus den Bastbündeln *b* und dem zwischen diesen und dem Kambium gelegenen Siebteil, *h* Holz des Stengels, bestehend aus den ins Mark (*m*) deutlich vorspringenden (drei) Holzteilen (Xylemen) der Gefäßbündel. Vergr. 300.

Der Ernteertrag beim Flachsbau wird für Deutschland von Generaldirektor Püschel [nach Herzog (344)] für 1 ha folgendermaßen angegeben.

Stroh	3600 kg
Samen	500 „
Spreu	500 „
Zusammen	4600 kg

(Während des Krieges waren aber aus verschiedenen Ursachen die Erträge oft weit geringer.)

Das nach dem Riffeln zurückbleibende Flachsstroh wird durch das Rösten so gelockert, daß die Scheidung der Flachsfaser durch mechanische Arbeiten (Brechen, Hecheln, Schwingen) von den übrigen Gewebsbestandteilen des Stengels (einerseits Oberhaut- und Rindenparenchym, anderseits Siebteile des Phloems, Holz und Mark) vollzogen werden kann. Diese Bearbeitungen werden in verschiedenem Grade der Vollkommenheit vorgenommen und dementsprechend sind auch die Handelssorten des Flachses in hohem Grade in Beziehung auf Reinheit und Güte verschieden.

In den meisten Fällen erscheint es heutzutage noch am vorteilhaftesten, wenn die genannten Arbeiten in getrennten Betrieben durchgeführt werden, wie es z. B. in Westflandern schon vor dem Kriege üblich war und wie es sich in Deutschland während des Krieges einbürgerte. Mit dem Ansteigen des Flachsbaus in Deutschland entstand nämlich unter dem Zwang der Notwendigkeit gleichzeitig eine eigene Röstindustrie, die gegen 100 Röst- und Schwinganstalten umfaßte, seither aber schon wieder etwas zurückgegangen ist. Der Landwirt baut seinen Flachs auf das sorgsamste und liefert das Flachsstroh an einen Unternehmer ab, der nur die Röste besorgt. Das Röstprodukt übernimmt meist ein anderer Unternehmer, der in Schwingereien (Flachsfabriken) die Abscheidung der Flachsfaser vornimmt. Der Landwirt röstet den Flachs also nicht selbst, arbeitet aber dem Röster vor durch die Arbeit des »Kapellens«, d. i. die Aufschichtung der gerauften Pflanze in Kapellen, wo ein Welkungsprozeß eingeleitet wird, der eine Abkürzung des Röstverfahrens ermöglicht.

Dieser vollständig durchgeführten Arbeitsteilung steht die Flachsgewinnung nach der alten Methode gegenüber, bei der der Landwirt selbst alles auf dem Felde und im Hause besorgt, vom Ernten der Leinpflanze bis zum Hecheln des Flachses, ja bis zum Spinnen und Weben der selbstgewonnenen Faser.

Zwischen diesen Extremen bewegen sich in den einzelnen flachsbauenden Ländern die tatsächlichen Betriebe des Flachsbaus und der Leinenindustrie. Für den Landwirt kommt jedenfalls heutzutage bei Anbau von Flachs nur noch als vorteilhaft die Tätigkeit bis einschließlich der Herstellung von Schwingflachs in Frage. Hecheln, Spinnen und Weben gehört schon lange nicht mehr in seinen Betätigungsbereich. Der rationelle Vorgang der vollständigen Arbeitsteilung ist jedenfalls für den Landwirt der bequemste, doch dürfte es sich in gewissen Fällen, so z. B. wenn günstige Flächen für Tauröste zur Verfügung stehen, doch empfehlen, sich auch an der Röstarbeit zu beteiligen oder bei größeren Flachsanbauflächen zur Vermehrung der Arbeitsgelegenheiten im Winter in einer eigenen Anlage — natürlich unter fachkundiger Leitung — die Aufbereitung des Flachses bis zum fertigen Brech- oder Schwingflachs durchzuführen. Nach Farmakowsky (219a) wäre allerdings im Interesse der Verbilligung der Flachsfaser als Textilrohstoff anzustreben, bei der Faserstoffgewinnung möglichst alle unnötigen Arbeiten als verteuernde Faktoren auszuscheiden und zu diesem Zwecke die Flachsaufbereitung und die Flachsspinnerei in einer Hand zu vereinigen, so daß die Flachsindustrie vom Landwirt das Flachsstroh als Rohstoff übernimmt und als Endprodukt das fertige Garn abgibt.

Die Röste (Rotte) des Flachses, ein technologischer Gegenstand, kann hier nicht im einzelnen erörtert werden. Wir wollen uns damit begnügen, das Prinzipielle dieses Vorgangs vom chemischen, besonders aber vom pflanzenanatomischen und pflanzenphysiologischen Standpunkt aus darzulegen.

Die Faserabscheidung aus Flachsstengeln ohne Röste ist schon seit mehr als 100 Jahren versucht worden. Sie ist möglich, d. h. es gelingt auf rein mechanische Weise, die Bastfaser aus dem Flachsstengel zu gewinnen, aber die Verluste sind groß, die Faser ist rauh, hart und weniger gut spinnbar als die durch Röstung gewonnene. Der Hauptnachteil eines solchen rein mechanischen Verfahrens besteht aber darin, daß die Faser wenig haltbar ist, nämlich bei Feuchtigkeit oder Nässe (im Garn oder Gewebe) zu faulen oder zu gären beginnt.

Versuche von A. Herzog (344), durch vorhergehende mechanische Bearbeitung des Flachsstrohs die Röste abzukürzen, haben zu keinem günstigen Ergebnis geführt.

Man unterscheidet Tau-, Kaltwasser-, Warmwasser- und gemischte Röste.

Mit rein chemischen Verfahren, also ohne Mitwirkung von Mikroorganismen, können auch Fasern gewonnen werden. Hierher gehört z. B. das Baursche Verfahren, bei dem als chemisch wirkender Körper verdünnte Schwefelsäure unter besonderer Vorsicht angewandt wird. Man hat seinerzeit große Hoffnungen auf dieses Verfahren gesetzt, doch ist es als zu teuer und unsicher wieder aufgegeben worden. Auch die anderen chemischen Fasergewinnungsverfahren sind bisher über das Versuchsstadium noch nicht hinausgekommen. Auch die sogenannte Dampfröste hat praktisch noch keinen Eingang gefunden.

Die biologischen Rösten teilt man auch in natürliche oder künstliche Verfahren ein. Allerdings ist die Grenze zwischen diesen beiden Methodengruppen nicht immer scharf zu ziehen. Als künstliche Verfahren gelten jene, bei denen die auf der Mitarbeit von Mikroorganismen beruhenden biologischen Vorgänge der natürlichen Röste durch Temperaturerhöhung, Wassererneuerung, Zusetzen von Bakterien oder chemischen Substanzen befördert, beziehungsweise beeinflußt werden.

Zu den natürlichen Röstverfahren gehören die Tauröste, Kaltwasserröste und gemischte Röste. Ein künstliches Röstverfahren ist Warmwasserröste; die rein chemischen oder physikalischen Fasergewinnungsmethoden können wir aber, da Mikroorganismen dabei nicht mitwirken, eigentlich nicht als echte Röste (Rotte) bezeichnen.

Die einfachste natürliche und für den Landwirt billigste Röste ist die Tau- oder Rasenröste. Sie besteht darin, daß man das Flachsstroh auf Stoppelfeldern oder auf Rasenplätzen auslegt und es der Einwirkung des Taues, des Regens und der Atmosphäre überläßt. Starke Niederschläge befördern die Röste; trockene, sonnige Tage ziehen sie in die Länge, so daß sie, je nach der Witterung, 3 bis 8 Wochen währt. Diese Abhängigkeit von der Witterung, die viele Arbeit, welche das häufig notwendig werdende Umlegen der Leinstengel erheischt, bilden die Schattenseite dieses Verfahrens. Aber bei förderlichem Wetter und gut geleiteter Arbeit ist das erzielte Produkt ein vorzügliches. Die Tauröstflächse geben bei halbwegs günstiger Witterung eine glatte, geschmeidige, glänzende, griffige, knotenfreie, leicht teilbare (sogenannte »spinnige«) Faser, die von den Spinnern sehr geschätzt wird und die der durch Wasserröste gewonnenen Faser oft überlegen ist. Seinerzeit waren die in waldreichen Gegenden des nördlichen Rußland taugerösteten Flächse (Slanetze) wegen ihrer guten Faser sehr beliebt, doch soll (nach Schindler) durch Lichtung der Wälder die Qualität erheblich nachgelassen haben. Auch ist die Tauröste nicht gesundheitsschädlich, wie einige der nachfolgenden Röstmethoden.

Bei der gemischten Röste wird der ausgeraufte Flachs entweder einer kurzen Tauröste unterworfen, hierauf bei trockener Witterung geriffelt, gebündelt und einer Nachröste in Wasser unterworfen, die je nach der Temperatur des Wassers in 3—7 Tagen vollendet ist, oder der Flachs wird zuerst wassergeröstet, nach der halben Zeit aber dann aus den Röstgruben genommen und dann einer Tauröste ausgesetzt.

Die Kaltwasserröste wird am rationellsten in Belgien (Westflandern, im Flusse Lys) betrieben (System Courtray, Lysröste). Es kommen meist belgische, aber auch niederländische Flachsstengel (aus Zeeland und Nordbrabant) und nordfranzösische, aber nur die besseren Qualitäten, zur Röste. Besonders feine Sorten von Flachs werden aus gelagertem, der Ernte des Vorjahres angehörigem Rohmaterial erzeugt. Die Flachsstengel werden in Bündel von 3—4 kg zusammengefaßt, die mit Strohseilen umwickelt dicht und aufrecht in aus Holzlatten zusammengefügte Kästen (Fassungsvermögen 1000—1600 kg) gestellt werden, die man, mit Brettern belegt und mit Steinen beschwert, in langsam fließendes Wasser so hineinstellt, daß sich der Wasserspiegel einige Zentimeter über den oberen Enden der Flachsstengel befindet. Das Wasser des Flusses Lys ist der Röste erfahrungsgemäß besonders zuträglich. Namentlich bei Menin und Werwick sind die Röstkästen in so großer Zahl in den Fluß gebaut, daß während der Röstzeit (Mitte April bis Mitte Oktober) der Lys nicht mit Schiffen befahren werden kann. Die Röstkästen sind so eingerichtet, daß Schlamm und Sand keinen Zutritt zu den Flachsbündeln hat. Nachdem die Röste eine Woche gedauert hat (Vorröste), wird das Flachsstroh herausgenommen, getrocknet und noch ein zweites Mal geröstet (Garnröste, Nachröste).

Die ganze Röste, die vielfach von eigenen Unternehmern ausgeführt wird, dauert gewöhnlich vierzehn Tage, doch dehnt sie sich bei kaltem Wetter bis auf zwanzig Tage aus. Der westflandrische Flachs erscheint im Handel als Courtray- oder Kortrykflachs. In Ostflandern wird nur wenig im Flusse Deurme geröstet. Das so erhaltene Produkt ist nicht besonders gesucht, das Wasser dieses Flusses eignet sich nicht so gut zum Rösten wie das Lyswasser. Häufiger wird hier die Schlammröste angewandt und zumeist vom Flachsbauer selbst. Das Flachsstroh wird gebündelt in Röstgräben schief eingestellt; mit Schlamm bedeckt und mit Steinen beschwert, steht es hier je nach der Temperatur 6—12 Tage, seltener, bei niedrigerer Temperatur, länger unter (stehendem) Wasser. Herausgenommen, wird es gewaschen und hierauf auf Wiesen oder Feldern einer 2—3 Wochen dauernden Nachröste unterworfen. In Südholland, wo diese Grabenröste noch eine ziemliche Bedeutung hat, verzichtet man vielfach auf die Nachröste. Dieses Röstverfahren, das wegen der blauen Farbe der erhaltenen Flächse auch Blauröste genannt wird, soll aber jetzt stark im Rückgang sein.

Öffentliche Wasserläufe dürfen in

Deutschland zu Kaltwasserröste nicht verwandt werden. Es kommen dafür nur kleine Teiche oder Röstgruben mit selbsttätigem Zu- und Abfluß in Frage.

Eine besondere Form der belgischen Flachsröste ist die Schwarzröste. Bei dieser werden dem Wasser unreife Walnüsse oder Erlenblätter zugefügt. Der hierbei gewonnene Flachs hat eine dunkle Farbe und dient nur zur Herstellung dunkler Gewebe. Die Schlammröste ist wegen der im stagnierenden Wasser sich reichlich entwickelnden Fäulnisgase ein gesundheitsschädliches Verfahren.

Bei der Warmwasserröste, bei der man unabhängig von der Witterung in eigenen Betrieben die Arbeit durchführen kann, und die zu den künstlichen Rösten gerechnet wird, werden die Stengel in Bündel zusammengebunden, in oben offene Holzbottiche oder aus Zement hergestellte Bassins mit doppeltem (Latten-) Boden oder in Gruben gegeben, dann wird angewärmtes Wasser auf den Flachs gelassen und die Temperatur des Wassers durch Dampfröhren auf 20—32° erhöht. In 48—90 Stunden ist je nach der Temperatur des Wassers der Prozeß beendet. Es tritt hierbei Gasentwicklung ein; an der Oberfläche der Flüssigkeit entsteht eine Schaumdecke, es stellt sich eine stark saure Reaktion der Flüssigkeit ein. Die anfänglich weiße Schaumdecke nimmt eine dunkle Farbe an und verschwindet bei Beendigung des Prozesses völlig. In Sachsen (Marienberg) hat man mit dieser Warmwasserröste zuerst gute Erfahrungen gemacht und hat sie dann später mehrfach verbessert. So z. B. hat man die Rösttemperatur des Wassers auf 25° heruntergesetzt oder man hat die Röste in fließendem, warmem Wasser durchgeführt (Verfahren von G. Loppens und H. Deswarte in Neerpelt in Belgien). Die Warmwasserröste nach dem Marienberger Verfahren hat in Deutschland infolge des Ansteigens der Flachsproduktion in den Kriegsjahren große Bedeutung erlangt und ist zu einer eigenen Industrie geworden, die gewiß — vielleicht auch in Belgien — noch eine Zukunft hat. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit und zur Vereinfachung der Arbeiten hatte man in Deutschland nach den Angaben von Dr. Schneider die Röstbassins zu einem langen Kanal vereinigt. Diese Art von Röste ist als Kanalröste bezeichnet worden. Die auf der einen Seite des Kanals eingeschobenen Röstkästen mit den Flachsstengeln legten automatisch den Weg durch den Kanal in etwa $4^1/_2$ Tagen bis zum anderen Ende zurück und wenn ein Röstkasten herausgehoben wurde, konnte bereits ein neuer eingeschoben werden. Da bei diesen Verfahren die verschiedene Länge der Röstdauer von schwachen oder starken Stengeln oder von mehr oder weniger ausgereiften oder vorgerösteten Stengeln nicht berücksichtigt werden kann, so war das Ergebnis dieser Röste für den Spinner nicht immer vollauf befriedigend. Man hat daher die Kanalröste wieder fallen gelassen und ist behufs Gewinnung von Qualitätsflachs zur Gruben- oder Bassinröste zurückgekehrt. Bedeutungsvoll war bei den während der Kriegszeit und nachher neu errichteten Röstanstalten die Einführung der künstlichen Trocknung. Bisher galt die künstliche Trocknung, die in Großbetrieben nicht zu umgehen ist, als dem Aussehen und der Beschaffenheit der Faser schädlich. A. Herzog (Mitt. F.-I. Sorau, I. 1919, S. 2) stellte aber fest, daß die künstliche Trocknung ohne nennenswerte Schädigung der Faserbeschaffenheit innerhalb weiter Grenzen zulässig sei, wenn nach erfolgter Spülung des Röstflachses durch kräftiges Quetschen die im Innern des Stengels befindliche saure Röstflüssigkeit vor der Trocknung entfernt würde. Durch das Quetschen des Röstflachses wird auch die Trocknungsdauer des Flachses bedeutend vermindert. Neuerdings wird auch vielfach ohne Quetschung getrocknet.

Die Dampfröste (Watt sche Röste) und die chemischen Röstverfahren haben bisher noch nicht Fuß fassen können.

Der Zweck des Röstens besteht in der Auflösung der Bindesubstanzen, die die Bastzellen mit den benachbarten Geweben und die parenchymatischen Zellen der Rinde des Stengels untereinander verbinden. Dabei wird auch die in dem Bastgewebe auftretende Bindesubstanz mehr oder weniger vollständig gelöst, was eine Auflockerung der Bastbündel zur Folge hat. Die Auflösung der in den Bastbündeln auftretenden Bindesubstanz erfolgt aller-

dings rasch durch kochendes Wasser, aber die benachbarten Gewebe werden hierbei nur wenig angegriffen, so daß der geringe Erfolg der Heißwasserröste begreiflich erscheint. Bei Tau- und Wasserrösten kommen Fermentorganismen zur Wirkung, die die Auflösung der Bindesubstanz in einer der Abscheidung der Faser sehr förderlichen Weise bewirken und aus der Faser — mehr oder weniger vollständig — alles beseitigen, was nicht Zellulose ist. Dadurch gewinnt die Flachsfaser erst ihre große Widerstandskraft. Tau- und Wasserröste sind also biologische Verfahren.

Die genannte Bindesubstanz hat man auf Grund der Untersuchungen Kolbs (Compt. rend. 66, 1868, S. 1024) für Pektose gehalten und den Röstprozeß als Pektingärung angesehen. Dies ist richtig und Kolb ist das Verdienst zuzuschreiben, als erster erkannt zu haben, daß die Flachsröste im wesentlichen eine Pektingärung ist. Aber die Bindesubstanz ist nach den Untersuchungen Mangins pektinsaures Kalzium, das bei dem Röstverfahren durch die Wirkung von Fermentorganismen aufgelöst wird. Das Pektin kann man nicht als einheitlichen Körper im chemischen Sinne bezeichnen. Über die Pektinstoffe verdanken wir Ehrlich (206), Fellenberg (226) und E. Correns (160) wichtige Aufklärungen. Ehrlich faßt die Pektinstoffe als das Kalzium-Magnesiumsalz einer teilweise mit Methylalkohol veresterten Anhydroarabinogalaktotetragalakturonsäure auf. Bezüglich der Pektinstoffe des Flachses stellte E. Correns als wesentliche Bestandteile Hexosegruppen mit Galaktose und einer d-Galakturonsäure und eine leicht abspaltbare Arabangruppe fest, zu deren Verband neben Arabinose eine Methylpentose gehören soll.

Das Pektin der Mittellamellen ist sehr verschiedenartig, wie z. B. das unterschiedliche Verhalten von Flachs und Hanf bei der Röste erweist oder das raschere Rösten einzelner Stengelteile ein und derselben Pflanze (wie z. B. Wurzelteile des Flachsstengels gegenüber den Spitzenteilen) zeigt.

Pektin wird durch eine Lösung von Rutheniumrot gefärbt, doch ist dies keine eindeutige Reaktion.

Die Mittellamellen der Bastfasern und die der Parenchymzellen, an die die Bastbündel grenzen, sind etwas verschieden. Die Mittellamellen (eigentliche Mittellamelle und dünne primäre Membran), die die gut entwickelten Bastfaserzellen verbinden, zeigen nämlich neben Pektinstoffen (Pektose, metapektinsaurer Kalk usw.) noch Lignin und sind gegen chemische Einwirkungen ziemlich widerstandsfähig, während die Mittellamellen der angrenzenden parenchymatischen Zellen hauptsächlich aus Pektinstoffen bestehen und daher viel leichter zersetzt werden können. Daraus erklärt sich, daß auch nach der vollendeten Röste, bei der vor allem die Mittellamellen der parenchymatischen Zellen der Rinde des Stengels aufgelöst werden, die Bastbündel mechanisch leicht von dem umgebenden Gewebe getrennt werden können, ohne daß die Bastbündel in Einzelfasern zerfallen.

Als der Erreger der Röste von Faserpflanzen hat v. Tieghem 1879 den *Bacillus amylobacter* bezeichnet. Dieser im allgemeinen bei der Zersetzung pflanzlicher Stoffe auftretende Bazillus wächst anaërob und greift Zellulose nicht an. Später (1895) hat Friebes einen andern anaëroben Bazillus (Plectridium) als Erreger der Pektingärung nachgewiesen. Bei Gegenwart von Pepton vergärt dieser Bazillus Zucker und Stärke; wenn ihm aber der Stickstoff nur in Form von Ammoniaksalzen geboten wird, so greift er Stärke und Zucker nicht an, wohl aber die Pektinsubstanzen.

Die Forschungen der letzten Jahrzehnte haben einwandfrei ergeben, daß an der Röste Mikroorganismen beteiligt sind. Ein deutlicher Beweis dafür ist die Feststellung, daß bei Ausschluß mikrobiologischer Tätigkeit der hier in Frage kommenden Organismen (Sterilisation, Desinfektion) der Erfolg der praktischen Röste unterbleibt.

Bei der Wasserröste des Flachses soll die Hauptwirkung von einer Bakteriacee ausgehen, die von Beijerinck und van Delden als *Granulobacter pectinovorum* beschrieben wurde (Abb. 37). Es ist dies ein stäbchenförmiger Spaltpilz von anaërobem Charakter, der an einem seiner Enden eine Endospore bildet und mit dem von Friebes beschriebenen Plectridium identisch sein soll. Außer-

dem wurden auf geröstetem Flachs noch *Granulobacter urocephalum* Beij. et v. Delden nachgewiesen und Störmer beschrieb von Röstmaterial aus Warmwasserrösten sein *Plectridium pectinovorum*. Über die systematischen Beziehungen dieser verschiedenen Organismen besteht aber durchaus noch keine endgültige Sicherheit. Bredemann rechnet *Granulobacter pectinovorum* zu seiner neu aufgestellten Art *Bacillus amylobacter* und hält eine Anzahl anderer Arten (wie *Plectridium pectinovorum* Störmer, *Granulobacter urocephalum* Beij. et v. Delden) für wahrscheinlich auch hierher-

Abb. 37.
Granulobacter pectinovorum. Vergr. 651.
(Nach Beijerinck und van Delden.)

gehörig. Im praktischen Betriebe wirken aber noch andere Fermentorganismen bei der Wasserröste mit, welche zur Pektingärung führen.

Außer den bisher erwähnten Pektinstoffvergärern ist von anaëroben Röstbakterien noch *Bacillus felsineus* Carbone (1917) zu erwähnen, der der wirksame Erreger der zahlreichen in Italien üblichen Hanf- und Flachsrösten sein soll, und der vielleicht für die Praxis der industriellen Röste noch bedeutungsvoll werden kann. Näheres siehe Carbone und Tobler (141).

Von aëroben Pektinstoffzehrern hat Rossi seinen *Bacillus Comesii* festgestellt, der nach Carbone mit *Bacillus asterosporus* Migula identisch sein soll, von anderen aber nur als eine Form von *Bacillus mesentericus* angesehen wird, die beide als Rösterreger schon lange bekannt sind. *Bacillus Comesii* gedeiht in hohen Röstbehältern nur dann, wenn dauernde Zufuhr größerer Luftmengen möglich ist. Ruschmann hat im Forschungsinstitut für Bastfasern in Sorau dem *Bacillus Comesii* ähnliche, ebenfalls obligat aërob lebende Bakterien gezüchtet, mit denen er bei Luftzufuhr gute Rösterfolge erzielte.

Außer den genannten Bakterien kommen in den verschiedenen Stadien der Wasserröste je nach den herrschenden Lebensbedingungen noch andere Mikroorganismen als Nebenflora vor, die für die Röste nicht immer förderlich sein dürften, über deren Physiologie aber noch zu wenig bekannt ist.

Über die Erreger der Tauröste und deren Biologie sind unsere Kenntnisse noch verhältnismäßig wenig sicher. Hier werden verschiedene Pilze (*Rhizopus nigricans, Mucor hiemalis* und auf Flachs vor allem *Cladosporium herbarum*) als Rösterreger genannt, doch scheint nach Ruschmanns (604) Untersuchungen *Rhizopus nigricans* in seiner Bedeutung als Rösterreger überschätzt worden zu sein, auch *Mucor hiemalis* konnte weder auf Flachs noch auf Hanf nachgewiesen werden, während ein neuer Tauröstepilz, *Mucor plumbeus,* entdeckt wurde, der in Vorkommen und Wirkung ungefähr dem *Rhizopus* gleicht. Ruschmann betrachtet *Cladosporium herbarum* als wichtigsten Taurösterreger. Die Beteiligung von Bakterien hängt nach genanntem Forscher von den vorhandenen Feuchtigkeitsmengen ab.

Für das Erkennen der richtigen Röstreife im praktischen Betriebe lassen sich heute noch keine allgemein gültigen, ganz einwandfreien Merkmale angeben. Näheres über diese Frage bei A. Herzog (351), Davis (168).

Die Art der Röste übt zweifellos einen sehr merklichen Einfluß auf den chemischen Charakter der gewonnenen Faser aus. Je vollkommener die Röste wirkte, desto größer wird die Menge von Zellulose sein, die in der Faser vorkommt. Die relativ kleinste Zellulosemenge und dementsprechend die größte Menge an Nichtzellulose wird sich in der Faser vorfinden, welche ohne Röstung erzeugt wurde. Nach Untersuchungen von R. Benedikt und M. Bamberger betrug der Zellulosegehalt eines reingehechelten, fast ganz aus Bastzellen bestandenen Flachses 65,5 bis 76,5 % [Wiesner (764, S. 941)]. Nach A. Herzog beträgt die mittlere

Menge an Zellulose im gerösteten Flachse 85,4 %. Nach älteren Untersuchungen von Hodges (Chem. Gazette, Dez. 1854) enthält ein durch belgische Kaltwasserröste hergestellter Flachs 82,5 % Zellulose, 7,6 % Zucker, Gummi und Pektinsubstanzen, während ein durch Warmwasserröste erzielter Flachs 88—89 % Zellulose und nur 1—2 % Zucker enthalten haben soll.

Um aus dem gerösteten Flachsstroh die Faser zu erhalten, muß eine Reihe von mechanischen Arbeiten durchgeführt werden, die, als Botten, Brechen, Schwingen und Hecheln bezeichnet, im Kleinbetrieb mit ziemlich primitiven Vorrichtungen, in den vorgeschrittenen flachserzeugenden Ländern im großen Maßstab mit Maschinen vorgenommen werden. Die Mechanik der hierzu dienlichen Vorrichtungen und ihre Wirkungsweise gehören in das Gebiet der mechanischen Technologie. Es sei hierüber nur folgendes kurz erwähnt. Das Klopfen des Flachsstrohs besteht in einer mechanischen Bearbeitung des Flachsstrohs durch Schlägel, Keulen und Stampfen und hat den Zweck, die spröden Teile (Oberhaut und Holzteil des Gefäßbündels nebst Mark) des Flachsstrohs zu lockern und das Ablösen des zähen Bastes von den Nachbargeweben, soweit dies nicht schon durch die Röste geschehen ist, zu vollenden; durch das Brechen werden die spröden Teile des Strohs vielfach zerknittert und zerbrochen und die holzige Masse vom zähen Bast größtenteils befreit. Das Schwingen entfernt etwas vollständiger die spröden zerbrochenen Gewebe und beseitigt auch die ganz kurzen Flachsfasern. Das Schwingen, das den Stengel mehr beansprucht als das Brechen, eignet sich nur für die haltbarsten und kräftigsten Flächse, ermöglicht aber eine bessere Reinigung und Veredelung, ergibt aber dafür eine geringere Faserausbeute. Durch das Hecheln endlich wird der rohe Flachs gekämmt, die langen Fasern werden parallel zueinander gelegt (Reinflachs), die kurzen oder verworrenen Fasern ausgeschieden (Werg, Hede). Vor wenigen Jahren wurde die Schwingturbine konstruiert, die imstande ist, in einer Stunde ungefähr 60 kg Schwingflachs aus dem zugeführten Röstflachs zu erzeugen (Farmarkowsky, 219a).

Je nach der Güte der Flachspflanze, der Art der Röstmethode und den mehr oder weniger zweckmäßigen weiteren mechanischen Bearbeitungen des Flachsstrohs erhält man angeblich 8—20 % Reinflachs. Auf die Ausbeute an Faser hat das der mechanischen Ausarbeitung der Flächse in vielen Gegenden vorangehende Dörren einen schädigenden Einfluß, wenn der Röstflachs unmittelbar nach der Erhitzung weiterausgearbeitet wird, ohne daß er durch mehrtägiges Lagern in die Lage kommt, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen. [Näheres siehe A. Herzog (344, S. 23, 349).] Selbstverständlich wird durch die Art der Durchführung der mechanischen Ausarbeitung auch die Beschaffenheit und Haltbarkeit wesentlich beeinflußt. Wiederholtes Knicken, zu starkes Brechen oder Schwingen bewirken schädigende mechanische Deformationen der Bastzellen, die dann bei der mikroskopischen Untersuchung der Fasern in Form von Bruchlinien und knotigen Anschwellungen (Verschiebungen) der Zellwandung deutlich beobachtet werden können.

Nach Pfuhls Angaben beträgt das Maximum der Ausbeute an reinem Flachs 15—17 % (belgische und holländische Flächse), das Minimum 4,6—6,1 % (einzelne Sorten von schlesischem und böhmischem Flachs).

Die weiten Grenzen der faktischen Ausbeute haben weniger in dem Rohstoff als oft in der Gewinnungsweise der Faser ihren Grund.

Der von Pfuhl angegebene Maximalwert kommt zweifellos den tatsächlichen Verhältnissen näher als der so häufig in der Literatur genannte von 20 %. Da nämlich die Holzmenge des geriffelten Flachses 73—80 %, die des Bastes 20—27 % beträgt, aus welch letzterem im günstigsten Fall sich 60 % reine Fasern abscheiden lassen, so berechnet sich das Maximum von aus dem Flachsstroh zu gewinnendem Reinflachs mit 16,2 %.

Nach A. Herzog (344) würde Flachsstroh bei Warmwasserröste 75 % Röstflachs bzw. 51 % Schäben (Holz, Mark, Rinde), 17 % Schwingflachs und 6,9 % Schwingwerg ergeben.

Für die Bewertung des Flachsstrohes kommt aber selbstverständlich der Bastgehalt auch in Frage. Nur muß hier der Gesamtfasergehalt einer mehrere Kilo-

gramm schweren Strohprobe und nicht etwa der Prozentgehalt eines kleinen Stengelstückchens bestimmt werden, da der Fasergehalt in verschiedenen Stengelhöhen nicht gleich ist, worauf wir weiter unten noch zurückkommen werden.

Als wertbestimmende Eigenschaften des Flachsstrohs kommen nach A. Herzog (344) noch die Länge und Verästelung des Stengels, die Stengeldicke und deren Gleichmäßigkeitsgrad, die äußere Beschaffenheit und der Wassergehalt, die Struktur und die Festigkeit der Bastfasern in Betracht. Lange, wenig verästelte, gleichmäßig dünne, von Verunreinigungen möglichst freie Stengel mit einem großen Gehalt an festen Fasern werden für technische Nutzung besonders wertvoll sein. Näheres über die Prüfung und Bewertung des Flachsstrohs für den Flachshandel siehe die auf langjährigen praktischen Erfahrungen beruhenden Ausführungen bei A. Herzog (344, S. 43).

Die Sorten der Flächse bezeichnet man im allgemeinen nach der Herkunft (belgischer, holländischer, irischer, mährischer, deutscher, russischer Flachs). Außerdem unterscheidet man die Flächse noch nach der Art der angewendeten Röste (taugerösteter, wassergerösteter Flachs) und nach dem Grad der Bearbeitung, der sie unterworfen wurden (z. B. Stengel- oder Strohflachs, Röstflachs, Brechflachs, Schwing- oder Hechelflachs, Flachswerg).

Feste Standardtypen wie im Baumwollhandel gibt es im Handel mit Flachs noch nicht. Doch hat seinerzeit der Handel in den russischen Hafenstädten schon halbwegs feste Qualitätsmarken unterschieden, so z. B. bei Wasserröste, 1. Sorte: Kronflachs, 2. Sorte: Wrackflachs, 3. Sorte: Dreibandflachs, 4. Sorte: Dreiband-Wrackflachs. Für diese Sorten bestehen noch mehrere Unterklassen. Über den Nationalstandard der russischen Leine vgl. Lazarkévitch (451a, 383—389).

Eigenschaften der Flachsfasern. Die Länge der technischen Flachsfasern (nicht der Elementarfasern) beträgt etwa 0,2—1,4 m (Ötztaler Flachs soll sogar eine Länge von 1,5 m erreichen). Je länger bei gleicher Feinheit die Faser ist, als desto besser gilt sie. Es ist leicht einzusehen, daß nicht gerade die längsten Flächse die besten sein müssen, da mit der Zunahme der Feinheit, d. i. mit der Abnahme der Dicke der Faser, auch begreiflicherweise die Länge mehr oder weniger abnehmen muß. Sehr feine Flachssorten, bei deren Röstung stets eine weitgehende Zerlegung der natürlichen Bastbänder erfolgte, sind niemals sehr lang. Auch die Breite der Fasern ist sehr wechselnd. Sie hängt von der größeren und geringeren Vollständigkeit der Zerlegung des Bastes in kleinere Bastbündel durch das Röstverfahren ab. Selbst die Fasern der besten, feinsten belgischen Flächse bestehen noch aus ganzen Gruppen von Bastzellen — erst durch die Bleiche erfolgt gewöhnlich ein Zerfall der Faserbündel in die Einzelfasern [Schneider (637)] —, und nur selten begegnet man darunter gänzlich isolierten Bastzellen. Die Breite der gehechelten Flachsfasern wechselt nach Wiesners Beobachtungen meist zwischen 45 und 620 μ.

A. Herzog erhielt als mittlere Länge von Flachssorten verschiedener Herkunft (Belgien, Holland, Rußland, Böhmen, Mähren, Galizien, Tirol) den Wert 0,867 m. Der längste von Herzog untersuchte Flachs (Tirol, Handschwingerei) maß 1,25 m, der kürzeste (Galizien, Kopfflächse, auf Handbrechen erhalten) 0,65 m. Wiesner hat als mittlere Länge eines ägyptischen Reinflachses 0,96 m und eines taugerösteten preußisch-schlesischen Flachses 0,28 m festgestellt. Jedenfalls hängt die Länge der technischen Flachsfaser nicht nur von der Samensorte, sondern auch von der Bodenbeschaffenheit und den klimatischen Verhältnissen des Standortes und von der Aufarbeitung ab.

Festigkeit der Flachsfaser. Über Reißlänge und Bruchmodul der Flachsfaser s. oben S. 429. Eingehende Studien über Festigkeit und Reißlänge des Flachsstengels, des Rohflachses und der einzelnen Bastzellen verdanken wir A. Herzog (344). Den beiden unten angeführten Tabellen ist auch der Einfluß der Stengelhöhe (nämlich der in verschiedenen Höhen des Stengels über den Keimblättern liegenden »Stengelzonen«) und der Stengeldicke auf die Festigkeitsverhältnisse des Flachses zu entnehmen. Die zweite Tabelle enthält auch Zahlen über das Verhältnis der Stengeldicke zur Bastmenge.

I. Allgemeine Festigkeitsverhältnisse des Flachsstengels und seiner Bastfasern.

Stengelzone über den Keimblättern in cm	Mittlere Zugfestigkeit des Stengels in kg	Reißlänge in km		Festigkeit einer Bastzelle in g	Ungleichmäßigkeit der Stengelfestigkeit in %
		des Stengels	der Faser		
0—10	9,32	9,8	55,4	26,0	23,8
10—20	15,97	19,6	76,8	20,5	6,0
20—30	15,62	22,2	81,0	18,0	9,5
30—40	13,74	22,0	79,6	14,9	10,8
40—50	13,16	24,4	89,8	14,2	12,7
50—60	9,69	20,1	84,1	13,6	25,4
60—70	4,6	13,9	73,2	13,6	34,8

Einspannlänge 5 cm.

In der Keimblattachse und Wurzel konnten die Festigkeitsverhältnisse nicht einwandfrei ermittelt werden; praktisch ist dies jedoch belanglos, da die genannten Teile infolge ihrer Sprödigkeit für die Flachsbereitung ohnehin nicht in Frage kommen.

II. Einfluß der Stengeldicke auf die Festigkeit des Flachses.

Stengeldicke in mm (bezogen auf Zone 20—30 cm)	Gesamtbast in %	Stengelfestigkeit in kg	Reißlänge in km	
			des Strohes	der Faser
0,90—1,10	31,5	7,64	28,3	89,8
1,11—1,50	28,5	11,76	22,2	77,8
1,51—1,80	26,7	13,94	20,8	77,9
1,81—2,20	25,4	17,55	16,1	63,4

Einspannlänge 5 cm.

Vorstehende Angaben beziehen sich auf gutes schlesisches Flachsstroh der Ernte 1912.

Die Festigkeit der Flachsfaser schwankt aber zwischen weiten Grenzen je nach der mechanischen Bearbeitung, der die Faser ausgesetzt war. Müller (523) gibt z. B. Reißlängen von Bauerndruschflachs mit 23,65 km und die von einmal geknicktem und geschwungenem Flachs mit 79,60 km an. Auch in verschiedenen Röststadien ist die Festigkeit nicht gleich. Bis zur Röstreife nimmt die Festigkeit zu, von da aber geht sie wieder zurück [Müller (525)]. Überröstete Flächse zeigen zwar bei der Einspannlänge 0 die gleiche Substanzfestigkeit wie vollgeröstete Flächse, bei denen Substanzfestigkeit und Verbundfestigkeit einander ziemlich nahe kommen. Bei Vergrößerung der Einspannlänge bei überröstetem Flachs zeigt sich aber ein rasches Fallen der Reißlänge. Die Verminderung der Festigkeit bei Überrösten scheint also normalerweise nur auf geringere Verbundfestigkeit durch weiter fortgeschrittenen Pektinabbau, nicht auf Zelluloseschädigung zurückgeführt werden zu können [G. Böhm (93)].

Die Farbe der besten Flachssorten ist lichtblond. Nach Léfebures Methode erhaltener Flachs ist ganz lichtblond, beinahe weiß. Die durch Tauröste gewonnenen Sorten sind grau. Nach A. Herzog (Mitt. Forschungsinst. Sorau, I, 1919, Nr. 1) sind gefärbte Fremdstoffe, die der Faser aufgelagert sind, die Ursache der Färbung der taugerösteten Faser. Das schwärzliche Aussehen von Flachs erklärt genannter Forscher durch einen Niederschlag von gerbsaurem Eisen auf der Faser, welche Erklärung jedoch von Behrens für unwahrscheinlich gehalten wird. Unvollständig geröstete Sorten zeigen eine etwas grünliche Färbung, indem das in den Geweben enthaltene Chlorophyll nicht völlig zerstört wurde. Eigentümlich ist die Farbe des unter Mitwirkung von Schlamm durch Kaltwasserröste in Belgien erhaltenen Flachses, der stahlgrau gefärbt ist. Am dunkelsten sind die durch Schwarzröste erzielten Sorten. Die Farbe des ägyptischen Flachses ist graugelb mit einem Stich ins Rötliche. — Die blonde oder weißliche Farbe ist den Bastzellen des Flachses eigentümlich. Stark gelb gefärbte rohe Flächse enthalten noch viel

von den dem Bast außen anhaftenden Parenchymzellen. Untersucht man die grauen, durch Tauröste erhaltenen Flachssorten mikroskopisch, so findet man, daß die Bastzellen glasartig durchsichtig und farblos sind, daß dagegen die anhängenden Nachbargewebe, vorwiegend Parenchym, aber auch kleine Oberhautreste, stark mit Pilzsporen durchsetzt, von meist dunkel olivbraun gefärbten Pilzmycelien durchzogen sind. Diese Pilzvegetationen entstanden bei der Röste und es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß sie den Prozeß der Isolierung des Bastes sehr beförderten. Wiesner hat in einigen wenigen Bastzellen eines solchen grauen Flachses auch eingedrungene Pilzmycelien gesehen und hält es immerhin für möglich, daß bei Tauröste ein Teil der Bastzellen durch Pilze zerstört wird, was Ruschmann von dem hier vor allem in Frage kommenden *Cladosporium herbarium* aber nicht annimmt. Bei durch Tau- und Wasserröste erhaltenen Flächsen findet man außer den genannten Pilzsporen und Pilzmycelien noch andere Mikroorganismen, insbesondere Bakterien, hefenartige Zellen usw., die beim Rösten beteiligt waren und nicht immer vollständig bei den üblichen Verfahren beseitigt werden können.

Glanz. Die besten, sowohl grauen als blonden Flächse sind nahezu seidenglänzend. Die italienischen Flachssorten sind nach Wiesner durch hohen Glanz ausgezeichnet, Courtray-Flächse weisen einen schönen, ruhigen Glanz auf. Daneben finden sich aber auch Flächse (wie die in den stark überhitzten böhmischen Brechhäusern gewonnenen), die völlig glanzlos sind. Gebleichter Flachs hat meist einen ziemlich gleichmäßigen Glanz. Starker Glanz wird als ein Zeichen der Güte angesehen, und mit Recht, denn alle jene Flachssorten, die von den anhaftenden Geweben befreit sind und aus möglichst gut isolierten Bastzellen bestehen, deren Wände außen stets glatt sind, zeigen einen lebhaften Glanz. Alle mattglänzenden oder gar glanzlosen Sorten (z. B. der ägyptische) enthalten doch noch Reste von parenchymatischen Nachbargeweben, auch sind ihre Bastzellen nur stellenweise außen von glatten Flächen begrenzt. Die Ursache der Verschiedenheit im Glanze und im äußeren Aussehen der Flachsfaser liegt aber, wie A. Herzogs (349) Untersuchungen ergaben, nicht in der spezifischen Natur der Stammpflanze, sondern in der Art und Weise der technischen Fasergewinnung (Röste, mechanische Ausarbeitung). Der Glanz der Faser, der in erster Linie auf der regelmäßigen Zurückwerfung des auffallenden Lichtes beruht, hängt vor allem mit der Oberflächenbeschaffenheit der Einzelfaser oder bei Bastbündeln von der Art und Weise des gegenseitigen Verbandes der Einzelfasern und erst in zweiter Linie von der Gleichmäßigkeit des Gefüges und der Durchsichtigkeit und schließlich auch etwas von der Farbe der Faser ab. Durch die mechanische Bearbeitung der Flachsfaser entstehen Störungen im Gefüge der Zellwand (Quer- und Schrägrisse, »Verschiebungen«), die der Faser ein gewisses trübes Aussehen geben. Durch Dörren des taugerösteten Flachses und durch künstliche Trocknung der wassergerösteten Flächse bekommt die Flachsfaser eine haarige, wergige Beschaffenheit und wenn dann die Faser in heißem Zustand weiter ausgearbeitet wird, in welchem Zustande sie gegen mechanische Einflüsse (Reiben, Schlagen) besonders empfindlich ist, dann bekommt sie infolge der fibrillären Zerschlitzungen und der häufigen angetrockneten körnigen oder zelligen Anhängsel ein stumpfes, dunkleres, unschönes Aussehen.

Durch Merzerisieren werden die ursprünglich vorhandenen knotigen Auftreibungen der Zellwand zum Verschwinden gebracht und dies hat neben sonst noch optisch günstig wirkenden Veränderungen des inneren Gefüges eine regelmäßige Reflexion des Lichtes und daher einen hohen Glanz zur Folge.

Lufttrocken enthält der Flachs 5,70 bis 7,22 % Wasser; in mit Wasserdampf gesättigtem Raum steigt der Wassergehalt bis auf 13,9—23,36 %. Käuflicher Flachs wird in Rußland und anderen Ländern durch »Netzen« mit Wasser versetzt, um das Gewicht zu vermehren [Schindler (634)]. Bei der Wertermittlung des Flachses muß selbstverständlich auf den Wassergehalt Rücksicht genommen werden.

Die Wichtigkeit dieses Gegenstandes (Konditionierung des Flachses) erkennend, hat A. Herzog durch viele Jahre sehr eingehende diesbezügliche Unter-

suchungen angestellt, die sich auf die Flachsstengel, auf gerösteten und ungerösteten Rohflachs, endlich auf ausgehechelten Flachs im gerösteten und ungerösteten Zustand beziehen.

In der folgenden kleinen Tabelle seien in aller Kürze die auf den Wassergehalt des Flachses bezugnehmenden wichtigsten Daten zusammengestellt, die wir A. Herzog verdanken.

	Wassergehalt in %		
I. Flachspflanzen.	Minimum	Maximum	Mittel
Grünreif	66,3	79,8	72,0
Gelbreif	58,7	64,9	62,0
Vollreif	45,4	53,7	50,0
Nach dem Trocknen der Gelbreifen	11,2	19,4	13,0
II. Flachsstroh.			
Nach dem Riffeln	7,3	18,3	
Rasenröste	9,0	17,7	
Wasserröste	8,2	15,4	
III. Ausgearbeiteter Flachs (Schwingflachs).			
a) Rasenröste.			
Provenienz:	Minimum	Maximum	Häufigste Werte
Deutsches Reich und ehemaliges Österreich	5,4	13,7	9,9—11,1
Rußland	7,3	15,9	11,1—12,4
Belgien, Holland und Frankreich	5,1	11,9	8—9
b) Wasserröste.			
Provenienz:			
Deutsches Reich und ehemaliges Österreich	6,4	11,8	8—9
Rußland	6,6	14,6	9—10
Belgien, Holland und Frankreich	5,0	11,2	7—8

Künstlich genäßter Flachs kann bis 38 % Wasser enthalten [Herzog (350)]. F. Hönig (381) ist bei seinen Untersuchungen über den Feuchtigkeitsgehalt von Textilfasern bezüglich des Flachses bei einem mittleren relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft von 43,8 %, bei einer mittleren Temperatur von 20,25 ° C zu folgenden Mittelwerten gekommen: für gehechelte Material bei vorangegangener Wasserröste zu 8,52 %, bei vorangegangener Tauröste zu 8,72 % und bei vorangegangener Überröste zu 9,57 % Wassergehalt, bezogen auf Trockensubstanz.

Bei Berücksichtigung der Mittelwerte des relativen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft für die europäischen Hauptproduktionsgebiete des Flachses hat sich für diesen Faserstoff ein Wassergehalt von ziemlich genau 12 % ergeben, welcher Gehalt auch dem im Handel bisher üblichen Zuschlag entspricht. A. Herzog (350) hat allerdings gefunden, daß die ausgearbeitete Flachsfaser als hygroskopischer angesehen wurde, als sie es ist und schlägt den mittleren Wassergehalt bei Tauröste von 10,5 % und bei Wasserröste von 9.3 % als Reprise vor.

Die völlig getrocknete Faser gibt nach Wiesner 1,18—5,93 % kristallinische Asche. Die höchsten Werte für Wasser- und Aschenmenge wurden beim ägyptischen Flachs konstatiert. Die Reinasche der Faser, die A. Herzog (329) bei einem böhmischen Flachs mit 1,1 % angab, besteht beinahe zur Hälfte aus Kalziumoxyd. Die Asche der Schäbe ist durch hohen Kieselsäuregehalt ausgezeichnet.

Die Trockensubstanz des Flachses enthält Zellulose (über den Zellulosegehalt der Bastzellen des Flachses s. oben), ein bei gewöhnlicher Temperatur festes Fett (Flachswachs), dessen Menge 1,6 bis 2,1 % beträgt, Eiweißkörper (etwa 4 %), Zucker und zahlreiche, stickstofffreie Extraktivstoffe (Pektinkörper, Gerbstoffe, Farbstoffe usw.). Näheres siehe A. Herzog (329).

Handelssorten des Flachses. Die Zahl der Sorten ist groß. Es können

hier nur die wichtigsten Sorten genannt werden. Auf eine genaue Charakteristik muß wohl verzichtet werden, da nur sehr wenige Sorten durch unverrückbare Eigentümlichkeiten ausgezeichnet sind.

Zu den besten Flachssorten gehören die belgischen Produkte. Die besten belgischen Sorten sind blond, fein, langfasrig. Andere sind stahlgrau, und gerade diese lassen sich leicht vollkommen bleichen. Hierher gehören auch die dunklen durch Schwarzröste (s. oben S. 533) erhaltenen Flächse. Früher hat man allen anderen die irischen Sorten vorangestellt. Bei schöner Farbe (lichtblond), Feinheit und Weiche im Anfühlen, wird ihnen auch hohe Festigkeit nachgerühmt. Später rügte man die schlechte Zubereitung der irischen Flächse und sprach viel vom Niedergang des Flachsbaues in Irland (Flachs und Leinen III, S. 349, 417). Die in neuerer Zeit von Italien in den Handel gebrachten Flächse zeichnen sich vor allen anderen durch schönen und stark seidigen Glanz, ferner durch sorgfältige Zubereitung des Reinflachses aus. Auch die besten französischen und holländischen Flächse werden in der Reihe der feinsten genannt. — Die längste aller im Handel erscheinenden Flachssorten ist die ägyptische (Ben Saïd, alexandrinische). Ihre Länge beträgt 1,0—1,3 m, nach einigen Angaben auch noch darüber. Diese Sorte ist an den langen, matten, graugelblichen, ins Rötliche fallenden Fasern zu erkennen. Die Faser ist grob, schwierig rein zu bleichen, aber fest und wird deshalb nur zu grober, ungebleicht bleibender Leinwand verarbeitet. Die ägyptischen Flächse sind sehr hygroskopisch und reich an Mineralbestandteilen. Zu den langen, aber nicht zu den feinen Sorten zählen der Petersburger, Rigaer, Königsberger, böhmische und schlesische Flachs. Libauer, österreichischer, Kärntner und Tiroler Flachs sind stark, aber häufig nur von mittlerer oder geringer Qualität. Die amerikanischen Sorten (Minnesota-, Dakotaflachs) können selbst mit den mittleren europäischen Sorten nicht konkurrieren. Der Flachsexport nach Amerika war vor dem Kriege (1911—1915) etwa 9000 Tonnen (Wert 3028607 $), während der Wert der dort eingeführten Leinenwaren 1913 28208884 $ ausmachte [Miles (500)].

Die Haupthandelsplätze für Flachs (und Hanf) sind nach Glafey (253) für das alte Rußland: Riga, Dünaburg (Dwinsk), St. Petersburg, Moskau, Archangelsk, Pskow; für Irland: Belfast; für Belgien: Gent; für Frankreich: Lille; für Böhmen: Trautenau; für Deutschland: Landshut (Liegnitz). Über Einfuhr und Ausfuhr des Flachses (und Hanfes), insbesondere in Beziehung auf Deutschland s. Leipziger Monatsschrift für Textilindustrie und der »Deutsche Leinen-Industrielle«.

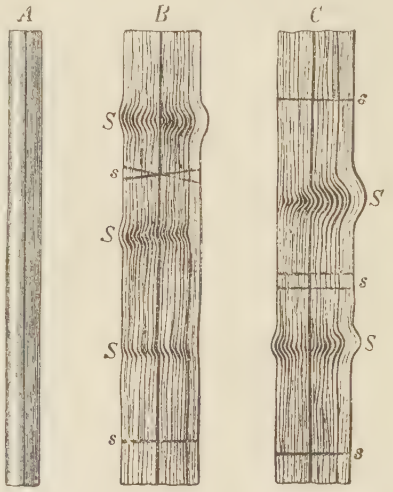


Abb. 38.
Bruchstücke von Leinenfasern. *A* in völlig unverändertem, *B, C* in mechanisch bereits angegriffenem Zustande. *s* Streifen (zumeist Bruchlinien, doch auch manchmal auf anhaftende Querwände von Parenchymzellen zurückzuführen), *S S* stärker hervortretende Bruchstellen der Faser (»Knoten«). *A* Vergr. 200, *B, C* Vergr. 400. (Nach Wiesner, Papyrus Erzh. Rainer.)

Mikroskopische Kennzeichen der Flachsfaser.

Die unveränderten Leinbastzellen, die man leicht durch Kochen des Flachsstrohs in Wasser und Abziehen der Rinde vom Stengel zur Anschauung bringen kann, sind nach Wiesner mehrere Zentimeter lang und erscheinen unter dem Mikroskop, abgesehen von einer Andeutung von Schichtung, strukturlos (Abb. 38 *A*). Hin und wieder sieht man quere oder schiefe Linien (Abb. 38 *B, C, ss*), die man früher als Porenkanäle gedeutet hat. Porenkanäle kommen aber in der Wand der Flachsbastzellen nicht vor. Die genannten Linien sind zarte die Zellhaut durchziehende Bruchlinien und haben

mit dem Strukturverhältnis der Bastzelle nichts zu tun. Querwände anhaftender Parenchymzellreste geben auch Veranlassung zum Auftreten von queren oder etwas schrägen Linien an der Leinenbastzelle.

Bezüglich des Auftretens von Poren erwähne ich aber, daß Reimers von ihm beobachtete, kurze und feine Längsspalten als die bisher nicht gefundenen Poren der Flachsbastzellen deutete.

Ein anderes Bild bekommt man, wenn man an Stelle der unveränderten Leinbastzelle die Bastzellen des gehechelten, versponnenen oder des im Gewebe bereits ausgenützten Flachses betrachtet. Hier zeigen sich deutlich die Folgen der mechanischen Ausarbeitung, die Bruchlinien sind schärfer, reichlicher, und stellenweise sieht man die Zelle knotenförmig aufgetrieben (Abb. 38 *B, C, SS*). In den Knoten erscheinen die Verdickungsschichten der Zellen auseinandergebrochen, voneinander getrennt. Nunmehr wird man leicht erkennen, daß die in den Knoten getrennt erscheinenden Verdickungsschichten der Zellhaut über und unter dem Knoten sich häufig fortsetzen und sich als mehr oder weniger reichlich auftretende Längsstreifung der Faser zu erkennen geben. Eine Andeutung dieser Längsstreifung ist hin und wieder auch an den unveränderten Bastzellen zu finden. Die Knoten entstehen durch die mechanischen Angriffe bei der Gewinnung und Verarbeitung der Flachsfaser und sind in verschiedenem Grad ausgebildet. Sie stellen also durch die Ausarbeitung der Faser künstlich hervorgerufene Eigenschaften dar. Je größer die Zahl der Verknickungen, desto geringer ist die Festigkeit [Müller (523)]. Eine Vorstufe der Knotenbildungen sind die von v. Höhnel aufgefundenen »Verschiebungen« der Zellwandschichten (Abb. 39 a). Je stärker die Bastzelle des Leins mechanisch angegriffen wurde, desto stärker treten die Zerklüftungen in Form von »Verschiebungen«, Knoten und Zerreißungserscheinungen hervor. In den besten belgischen und auch sonst in guten Flachssorten finden sich nach Wiesner viele fast noch gar nicht angegriffene Bastzellen vor, die sich also der natürlichen unverletzten Faser nähern.

Für die genaue Kenntnis der morphologischen Eigenschaften der Leinenfaser — über die Entwicklungsgeschichte vergleiche man T. Tammes (690) S. 118 und Rob. Winter (778) — ist es besonders erforderlich, ihre Ausbildung in verschiedenen Höhen des Flachsstrohs zu verfolgen. Es ist hier vor allem zu beachten, daß der Flachs stets gerauft wird, also der geriffelte Flachs aus einem Wurzel- und einem Stengelteil besteht. Die Wurzel der Leinpflanze ist arm an Bastzellen. Diese Wurzelbastzellen haben allerdings normale Länge, sind aber sehr weitlumig, verhältnismäßig dünnwandig, stehen mehr vereinzelt oder in lose zusammenhängenden Gruppen und besitzen im Vergleich zu den Bastzellen des Stengels einen bis doppelt so großen Durchmesser.

Nach A. Herzog (328, 330) fallen auf den Wurzelquerschnitt 55, auf den Stengelquerschnitt (abgesehen von dem oberen Ende, also in einer Höhe von 25—50 cm) 530—550 Bastzellen. In A. Herzog (334) (»Mikrophotographischer Atlas der technisch wichtigen Faserstoffe«) sind neben den normalen Flachsbastzellen die abweichend gebauten Bastzellen der Wurzel, der oberen und unteren Stengelenden und der hypokotylen Stengelglieder abgebildet, Bastzellformen, die im besseren Reinflachs nicht oder nur ausnahmsweise erscheinen, aber in gröberen Sorten und im Flachswerg in größerer Menge vorhanden sein können.

Was den Anteil der »Wurzel« (Wurzel und Hypokotyl) am Gesamtgewicht des Flachsstengels anbelangt, so hat A. Herzog (344) diesen im Mittel mit 10 % angegeben, während die Länge von Wurzel und Hypokotyl im Mittel 6,3 % der Gesamtlänge des Halmes ausmachen.

Bezüglich der Anzahl der Fasern im Querschnitt kam T. Tammes zu dem Ergebnis, daß sie an der Maximalstelle verschiedener Stengel (etwa 0,3 der Höhe) bedeutend schwankt (zwischen 200 und 1400), während die Anzahl der Faserbündel in dieser Höhe 20—51 und die Zahl der Fasern im Bündel 10—30 beträgt. Die Zahl der Fasern im Querschnitt wächst bei zunehmender Stengeldicke schneller als diese. Der Faserprozentgehalt des Stengels steht aber im umgekehr-

ten Verhältnis zur Stengeldicke. Näheres siehe T. Tammes (690) S. 171—196.

In neuester Zeit hat sich W. Müller (526 a) mit dem Einfluß der Saatdichte und Stengelstärke auf die Flachsfaser beschäftigt und kam zu dem Ergebnis, daß bei zunehmender Stengeldicke der prozentuale Bastgehalt nur langsam abnimmt, die Zahl der Faserbündel aber zunimmt. Bei höherem Fasergehalt zeigen die Faserbündel in radialer Richtung größere Ausdehnung. Für die praktische Ausbeute sind Flachsstengel von 1,3—1,7 mm Stärke am vorteilhaftesten.

Im Stengel des Flachsstrohs stimmen die Bastfasern im großen und ganzen überein, nur im untersten Stengelteil nähern sich die Bastzellen in Form und Größe den Wurzelbastzellen, und im obersten sind sie unreif, protoplasmareich und verhältnismäßig dünnwandig.

Die Reinflachsfaser hat im allgemeinen in unverändertem Zustand eine ziemlich regelmäßige Gestalt. Ihre Grenzfläche ist vielseitig prismatisch (im mittleren Teil des Stengels), nach den Enden zu gewöhnlich lang-pyramiden- oder kegelförmig scharf zugespitzt. Der Querschnitt ist daher (in Gruppen) scharfeckig-polygonal, das Lumen punktförmig. Im unteren Teil des Stengels haben die mehr einzeln oder in losen Gruppen stehenden Fasern einen mehr abgerundeten, manchmal radial zusammengepreßten Querschnitt, großes Lumen, relativ dünne Wandung und abgerundete Enden. Im oberen Teil des Stengels sind die Fasern am Querschnitt wieder abgerundet, häufig unregelmäßig mit einspringenden Winkeln, um schließlich ganz oben noch einmal polygonale Querschnittsform anzunehmen. Die Enden dieser dünnwandigen, großlumigen Faserzellen sind teils scharfspitzig, teils abgerundet.

Die merzerisierte Leinenfaser ist nicht mehr kantig, sondern vollkommen rund und glatt und die Querrisse und Knoten sind fast ganz verschwunden. [Näheres siehe A. Herzog (347 a)].

Durch Anwendung von Isolierungsmitteln (Kalilauge oder Chromsäure, auch durch Kochen in Wasser) kann man sich überzeugen, daß diese Bastzellen stets eine bedeutende Länge haben, welche fast immer 2—4 cm beträgt, aber auch darüber hinaus steigt. Nach A. Herzog soll die Flachsfaser in der Wurzel und im basalen Teil des Stengels am längsten (53 mm) sein und gegen die Spitze hin kürzer (46 mm, 43 mm) werden. T. Tammes (690) S. 215 fand die mittlere Faserlänge in der Stengelbasis kleiner als weiter oben:

	Mittlere Faserlänge	Min.	Max.
Basis	13,3	2,5	42
unterer Stengelteil	27,3	3,0	85
mittlerer „	32,6	4,0	95
oberer „	38,5	4,0	120

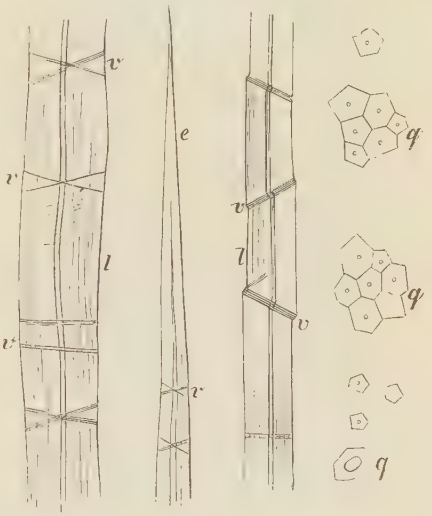


Abb. 39.
Leinenfaser. *l* Längsansicht mit Verschiebungen *v*; *q* Querschnitte; *e* spitzes Ende der Faser. Vergr. 200 bzw. 400. (Nach v. Höhnel.)

Nach Wiesner beträgt die maximale Breite der Reinflachsfaser 12—26, meist 15—17 μ.

Nach Herzog (328) ist der mittlere Durchmesser in der Wurzel 52,5 μ (Maximum 74,3 μ), im unteren Stengelteil 30,9 μ, im mittleren 21,1 μ und im oberen 19,6 μ, er nimmt also von der Basis gegen die Spitze ab. Bei dickeren Stengeln ist nach Tammes (690) der Unterschied zwischen den Faserdurchmessern an der Basis und an der Spitze noch größer. Die mittleren Faserlängen und auch die mittleren Faserbreiten zeigen bei verschiedenen Stengeldicken nach W. Müller (526 a) keinen sehr wesentlichen Unterschied.

Über das Verhältnis der Gesamtdurchschnittsfläche von Flachsfaser macht A. Herzog folgende für die Beurteilung der Festigkeit der Faser recht instruktive Angaben.

Bei schlesischem Flachs beträgt:

0—10	cm	über	den	Kleinblättern	die	Wandung	79,0 %	,	der	Hohlraum	21,0 %
10—20	„	„	„	„	„	„	86,5 %	„	„		13,5 %
20—30	„	„	„	„	„	„	98,5 %	„	„		1,5 %
30—40	„	„	„	„	„	„	98,7 %	„	„		1,3 %
50—60	„	„	„	„	„	„	97,3 %	„	„		2,7 %
60—70	„	„	„	„	„	„	94,6 %	„	„		5,4 %
70—80	„	„	„	„	„	„	92,0 %	„	„		8,0 %

Bei der Flachsfaser sind Mittellamelle und primäre Membran sehr dünn und fallen leicht der Zerstörung anheim. Die eigentliche dicke Wandung ist als sekundäre Membran aufzufassen [Reimers (566) S. 272].

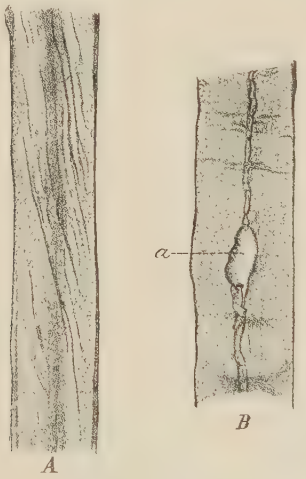


Abb. 40.
A Fragment einer Flachsbastzelle nach kurzer Behandlung mit 1,4%iger Schwefelsäure gekocht, wobei eine steile, schiefe Streifung zu erkennen ist. *B* Fragment einer Flachsbastzelle nach Behandlung mit 50%iger Kalilauge. Stellenweise Erweiterung des Lumens mit Protoplasma erfüllt, »Protoplasmaknötchen«. Vergr. 550. (Nach F. Reinitzer.)

Strukturverhältnisse sind, wie schon erwähnt, an der unveränderten Flachsbastzelle fast gar nicht zu beobachten. Am Querschnitt tritt zarte Schichtung der Zellhaut auf, die auch in der Längsansicht der unveränderten Flachsfaser als Pseudolängsstreifung angedeutet ist. Einzelne Schichtgrenzen treten stärker hervor, zwischen denen eine zarte Unterschichtung noch festzustellen ist. In dem äußeren Schichtkomplex ist nach Krabbe (425) auf dem Querschnitt eine Radialstreifung zu finden, die stellenweise nach Reimers (566) auch in der zweiten Schichte zu sehen ist.

Nach F. Reinitzer (572) ist die Flachsbastzelle auch durch eine feine Längsstreifung charakterisiert, die, im Mikroskop gesehen, sehr steil in der Richtung von rechts unten nach links oben verläuft und bei Anwendung von Quellungsmitteln deutlicher wird (Abb. 40, *A*). Auch zeigt nach Reinitzer der Innenraum der Flachsbastzelle hin und wieder stellenweise Erweiterungen, welche mit Protoplasma erfüllt sind (»Protoplasmaknötchen«) (Abb. 40, *B, a*). Diese erweiterten Hohlräume bzw. die »Protoplasmaknötchen« sollen für die Leinenfaser charakteristisch sein, der Hanffaser hingegen fehlen, so daß nach der Ansicht Reinitzers hierin ein neues Kennzeichen gegeben ist, welches die Leinenfaser von der Hanffaser unterscheidet.

Die von Reinitzer beobachtete äußere Streifung hat Sonntag (676) auch beobachtet, daneben auch ein inneres linksläufiges Streifensystem. Reimers hat für den äußeren Schichtkomplex (rechtsläufige Streifung) als Streifungswinkelmittelwert 10,1° (beim Hanf 3,605°), für den inneren (linksläufige Streifung) 5° festgestellt.

Ohne chemische oder mechanische Eingriffe kann man aber eine natürliche, deutliche Spiralstreifung an den Hypokotylfasern erkennen (s. Abb. 41).

Die Flachsfaser gehört zu den Bastfasern, die die höchsten Polarisationsfarben zeigen. Über die spezifische Doppelbrechung siehe S. 420 ff.

Durch Kupferoxydammoniak wird die Zellwand der Flachsbastzelle zuerst stark aufgetrieben, so daß der Durchmesser der Zelle oft eine Größe von 55 μ annimmt. Die Membran erscheint dabei gerade oder

schief parallelstreifig und manchmal, wegen der größeren Resistenz der äußeren Zellwandpartien gegenüber den inneren, sogar blasenförmig aufgetrieben. Die blasenförmige Auftreibung der Zellwand bei Einwirkung dieses Reagens kann mithin nicht als Unterschied zwischen Baumwoll- und Leinenfaser gelten (vgl. hierüber bei Baumwolle S. 501). Die Zellwand zerfließt nach kurzer Zeit im Rea-

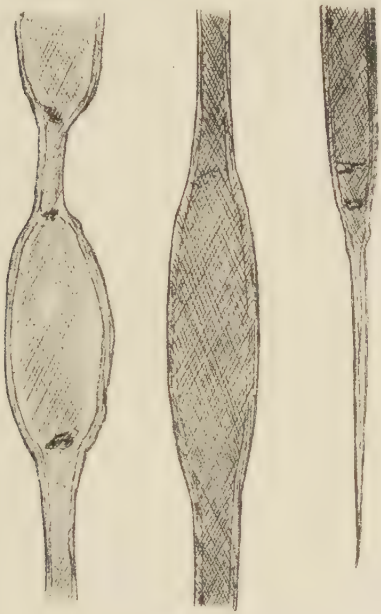


Abb. 41.
Hypokotylfasern des Flachses, in der Breite wechselnd, deutliche Erweiterungen und deutliche natürliche Spiralstreifung zeigend. Vergr. 200.

gens und nur ein nie fehlender Protoplasmarest bleibt als dünner, etwas gelblich gefärbter, selten gerade gestreckter, in der Regel schlangenartig gewundener Schlauch (Innenschlauch) in der blauen, schleimigen Masse zurück. Hypokotylfasern zeigen bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak ein etwas anderes Bild, da der Innenschlauch sackartig bleibt. Nach einiger Zeit wird der Innenschlauch zerstückelt und schließlich in eine feinkörnig-gelatinöse Masse verwandelt. Wenn Reste der Interzellularsubstanz (Mittellamellen) den Bastfasern anhaften (im Werg oder in geringen Flachssorten) und diese noch rund umgeben, so werden sie durch das Kupferoxydammoniak in feine Körnchen zersprengt oder erscheinen in einer Andeutung von Faltung ähnlich wie bei der Ramiefaser (s. unten Abb. 60), niemals in jener scharf ausgesprochenen Faltung wie beim Hanf (s. unten beim Hanf). — Chlorzinkjod gibt Blauviolettfärbung, Jod und konz. Schwefelsäure bläuen die Faser, Chromsäure bringt sie unter starker Verminderung des Licht-

Abb. 42.
Flachsfaser nach dem Einlegen in Kupferoxydammoniak. Protoplasmafaden wellig zusammengeschoben. (Nach A. Herzog.)

brechungsvermögens nach längerer Zeit in Lösung. Gute Flachssorten bestehen aus unverholzten Bastfasern, die durch Phlorogluzin + Salzsäure nicht gefärbt werden. Die natürliche Bastfaser des Flachses ist nicht oder nur schwach verholzt (besonders die Bastfaser der Wurzel), aber bei der Röste verschwindet die Holzsubstanz und nur an sehr geringen Flachssorten macht sich stellenweise eine schwache Verholzung bemerkbar. Die Hypokotylfasern sind, wie bereits erwähnt, stärker verholzt.

A. Herzog (332) machte darauf aufmerksam, daß die Bastzellen des russischen Steppenflachses sich von denen des gewöhnlichen Flachses dadurch unter-

scheiden, daß sie im Bau sehr an die Bastzelle des Hanfs erinnern, namentlich wegen der Weite des Lumens und des schärferen Hervortretens der Schichtung. Die Samen des russischen Steppenflachses sollen zur Verfälschung der russischen Leinsaat (aus den russischen Ostseeprovinzen) verwandt werden und so soll es kommen, daß die Fasern dieses Flachses hin und wieder auch in unseren Leinengeweben erscheinen. Da sich die Bastfasern des russischen Steppenflachses aber nur zu sehr geringen Geweben verwenden lassen, wird man wohl in den Leitelementen, die dem Flachsstengel angehören, Mittel haben, um diese Zellen, trotz ihrer Ähnlichkeit mit den Hanfbastzellen, als Flachsbastzellen zu erkennen. Übrigens fehlen an den Bastzellen des Steppenflachses einige der wichtigsten Kennzeichen der Hanfbastzelle (s. unten bei Hanf).

Der erwähnte russische Steppenflachs zeigt bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure eine gelbgefärbte sog. Mittellamelle (echte Mittellamelle + primärer Membran). Argentinische Samenflachssorten zeigen stellenweise ebenfalls eine stärkere Verholzung der Mittellamelle. Reimers beobachtete bei solchen Sorten bei vereinzelten Faserzellen auch eine Verholzung der sekundären Membran.

Über die Anatomie von Samenflachssorten verdanken wir F. Tobler (696) grundlegende Untersuchungen. Nach diesem Forscher unterscheidet sich der Samenflachs von unserm Faserflachs weder durch Anordnung der Faserbündel im Stengel, noch durch die Zahl der im Querschnitt auftretenden Zellen, noch durch Stärke und die chemische Beschaffenheit (Verholzung) der Faserzellwand. In der Zusammenfügung der Faserzellen zu Bündeln und in der Querschnittsform der Einzelfaser zeigten sich aber gewisse Eigentümlichkeiten. So kann z. B. die beobachtete Zerklüftung der Bündel bei einer argentinischen Sorte und der stark entwickelte Holzkörper von chinesischen Stengeln für die Fasernutzung nicht als günstig bezeichnet werden.

Über die Anatomie des Winterleins siehe E. Krämer (428).

Die dem gebrochenen Flachs anhaftenden Gewebsreste der Flachsstengel, wie Oberhaut, Parenchym und Holzgewebe, findet man, wie schon oben mitgeteilt wurde, wenn man die Faser mit Reagenzien behandelt. Phlorogluzinsalzsäure färbt die dem Holzkörper des Flachsstengels angehörigen Teile intensiv rotviolett. Kupferoxydammoniak läßt all die genannten Gewebe ungelöst. Jod + Schwefelsäure färben die Bastzellen blau, die übrigen anhaftenden Gewebe dagegen gelb bis braun. Mikroskopisch läßt sich das Holzgewebe der unreinen Flachsfaser sehr leicht an den verhältnismäßig dünnwandigen, etwa 12 μ breiten, gewöhnlich mit einer Reihe kleiner Tüpfel versehenen Holzzellen und an den Gefäßen, von denen besonders scharf die etwa 18 μ breiten Spiralgefäße hervortreten, erkennen. Schwieriger ist es mit dem direkten mikroskopischen Nachweis des Parenchymgewebes, von dem man an manchen Bastzellen noch Reste der Zellwand anhaften sieht; sie erscheinen in Form von Linien, die die Flachsbastzelle meist quer durchsetzen. Gewöhnlich ist aber das Parenchymgewebe bis zur Unkenntlichkeit zerdrückt und zerrissen. Auch das Oberhautgewebe ist oft stark angegriffen. Es erscheint gewöhnlich in Form von dünnen, gelblichen Schuppen, an denen bei sorgfältiger Präparation und genauer Beobachtung sowohl die Oberhautzellen als auch die Spaltöffnungen erkennbar werden (Abb. 43).

Bei Untersuchung geringer Flachssorten, von Werg (Hede) und daraus erzeugten Garnen (Tow- oder Werggarn) ist zu beachten, daß darin Bastzellen der Wurzel und der unteren und oberen Stengelteile, ferner die eben genannten, der Rinde und dem Holz der Flachsstengel angehörenden Bestandteile, wenn auch nur in kleiner Menge, zu finden sind, was die Erkennung solcher Produkte sehr erleichtert.

Die Verwendung der rohen Flachsfaser zu Gespinsten ist bekannt. Der Flachs wird als solcher nicht gebleicht, sondern erst nachdem er versponnen oder verwebt wurde. Die Flachsfaser läßt sich in der Regel ausgezeichnet bleichen; nur grobe Sorten (z. B. ägyptischer) setzen dem Bleichverfahren Schwierigkeiten entgegen. Über neuere Bleichversuche an verschiedenen Flächsen siehe G. Kränzlin (426a). Gebleichte Leinengarne und -gewebe lassen sich bekanntlich nicht so leicht färben

wie Baumwollgarne und -gewebe; sie werden deshalb hauptsächlich im ungefärbten Zustand verwandt. — In neuerer Zeit werden die rohe Flachsfaser bzw. die Schäben auch in der Fabrikation von Wertpapieren benutzt.

Nach dem Kriege machte sich das Bestreben stärker geltend, als Ersatz für die Baumwolle die Faserbündel der Flachsfaser in Einzelzellen (durch Behandlung mit Natronlauge oder Seifenlösung, manchmal auch durch Anwendung von Schwefelsäure, durch Warmwasserbehandlung) zu zerlegen und nach entsprechender Nachbehandlung behufs Erzielung einer entsprechenden Spinnstruktur auf Baumwollspinnmaschinen zu verspinnen. Man setzte auf diese sogenannte »Kotonisierung« große Hoffnungen, doch wird jedenfalls die Verbaumwollung nur für Abfälle und Werg, minderwertige Flächse und für Samenflachs, aber nicht für die hochwertigen Fasern selbst in Frage kommen. Übrigens scheint die Verspinnungsfrage noch nicht restlos geklärt zu sein. Der kotonisierte Flachs zeigt gegenüber dem rohen Flachs einen bedeutenden Festigkeitsabfall. (Johannsen und Oppenländer, in Mitt. D. Forsch.-Inst. Reutlingen-Stuttgart, 11/12, 1921, S. 8 und 12.)

Geschichtliches. Der Flachs ist die am längsten bekannte vegetabilische Gespinstfaser. Im alten Ägypten wurde Flachs versponnen und verwoben, wie die durchaus leinenen Mumienbinden bezeugen. Die Verwendung des Flachses als Gespinstpflanze bei den Pfahlbauern ist gleichfalls sichergestellt. Den alten Griechen war Flachs als *λινον*, den alten Römern als *linum* bekannt. Diese Worte wurden, wie im Deutschen, sowohl auf die Leinpflanze als auf die Faser und deren Spinn- und Webeprodukte angewendet. Die bei den Römern für die Flachsgewinnung vorgenommenen Arbeiten [raufen (vellere), rösten (macerare), brechen (frangere), hecheln (digerere)] stimmen schon mit der heutigen Flachsbereitung im wesentlichen überein. Die massenhafte Einfuhr billiger vegetabilischer Textilstoffe, namentlich der Baumwolle und der Jute, führte zu einer Wendung in der Flachsindustrie; der Flachs kann sich als Welthandelsware nur halten, wenn er als veredeltes Produkt auf dem Markt erscheint, in welcher Form er unter den übrigen vegetabilischen Spinnstoffen noch keine Konkurrenten hat.

6. Hanf. Der Hanf (*chanvre*, franz.; *hemp*, engl.; *canapa*, ital.; *Konoplja*, russ.)

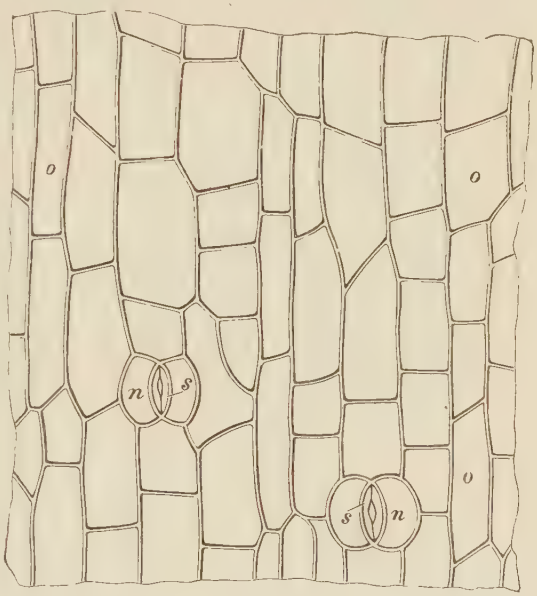


Abb. 43.
Oberhaut des Flachsstengels (in der Flächenansicht) mit Spaltöffnungen. *s* Schließzellen. *n* Nebenzellen der Spaltöffnungen. *oo* Oberhautzellen. Vergr. 300. (Aus Wiesner, Papyrus Erzh. Rainer.)

besteht aus den Bastzellen der Hanfpflanze, *Cannabis sativa*, deren Samen der Ölgewinnung dienen. Seit Jahrhunderten wird dieser Spinnstoff allenthalben in Europa gewonnen. Auch Afrika (besonders Ägypten und Algier), Nordamerika (besonders Kentucky) und in neuerer Zeit auch Australien liefern Hanf.

Cannabis sativa ist die einzige Spezies der schon von Tournefort aufgestellten Gattung Cannabis. Außer *Cannabis sativa* wird als Stammpflanze des Hanfes auch *C. indica* genannt, aber diese Pflanze ist nur eine tropische Kulturform der erstgenannten, die sich im allgemeinen verhältnismäßig schnell neuen Lebensbedingungen anzupassen vermag. Die unterscheidenden Merkmale der indischen Hanfe gegenüber *Cannabis sativa* sind so

geringfügig, daß man sie als besondere Spezies fallen gelassen hat, wenn sich auch die indische Hanfpflanze durch Reichtum an narkotischen Bestandteilen von der gewöhnlichen Art unterscheidet und deshalb nicht nur zur Darstellung von betäubenden Genußmitteln (Bangh, Churrus, Haschisch usw.), sondern auch als Medikament (Ganja oder Guaza; Summitates Cannabis indicae der Pharmakopöen) dient. *Cannabis indica* gibt nur eine verholzte, steife, wenig brauchbare Faser, die in Indien fast gar keine Verwendung findet [Royle (598, S. 252)].

Nach Watt (748), III, Nr. 62 (1883) wird Hanf als Faserpflanze in Indien nur selten gebaut. In Watts neuerem Werke über ökonomische Produkte Indiens (749) S. 253 ff. wird auf die Kultur des Hanfs in Nordwest-Himalaja und Sind als Faserpflanze hingewiesen, ferner auf die Versuche, auch in anderen Gebieten Indiens den Hanf als Faserpflanze zu bauen, unter anderm unter Anwendung von europäischem Saatgut. Der Verfasser macht indes selbst darauf aufmerksam, daß die Berichte über indische Hanfkultur häufig unzuverlässig sind, da unter Hanf (hemp) in Indien auch die Fasern anderer Pflanzen verstanden werden. Hanf (hemp) wurde nämlich als der typische Repräsentant einer Langfaser angesehen, daher die Bezeichnungen Manila-, Sisal-, Mauritius-, Neuseeland-, Sunnhanf und India hemp (Jute), obwohl alle diese Fasern in ihrem Aussehen und ihren ökonomischen Eigenschaften der Hanffaser weniger gleichen als die Flachsfaser.

Der chinesische Hanf (*Cannabis chinensis* Delib.) ist ebenso wie der indische Hanf nur eine Form von *Cannabis sativa*, einer Pflanze, die sich durch sehr labile Eigenschaften auszeichnet und sich verhältnismäßig rasch neuen Wachstums- und klimatischen Bedingungen anzupassen vermag.

Als Heimat des Hanfs wird gewöhnlich Persien angegeben [Humboldt (387), II, S. 4]. Nach Engler findet sich der Hanf wild in den vom Kaspischen Meer südlich gelegenen sumpfigen Gebieten [Zusätze zu Hehn (323) S. 186; Engler in Notizbl. Berl. Bot. Garten, 1904]. Die Urheimat des Hanfs scheint aber Indien zu sein, wo die Pflanze sich durch Kultur zur Form *C. indica* umgebildet hat, während sie in nördlichen Gebieten durch Kultur als Faser- und Ölpflanze zu unserem Hanf wurde (siehe Geschichtliches).

Von Indien aus wurde der Hanf auf verschiedenen Wegen verbreitet. Nach Europa führten nach O. Heuser zwei getrennte, klimatisch verschiedene Wege, und zwar ein nördlicher über Rußland, Litauen und teilweise Schweden zu den Slawen und Germanen des nördlichen Europa und ein südlicher über Kleinasien nach Griechenland, Italien und später nach Frankreich. Bei der großen Anpassungsfähigkeit des Hanfs an neue Lebensbedingungen sind aus diesen beiden so verschiedenen Verbreitungswegen die Verschiedenheiten der in Europa entstandenen Hauptkulturformen (wie z. B. die Gegensätze zwischen dem russischen und italienischen Hanftypus) erklärlich.

Sieht man von dem sehr spärlichen Vorkommen männlicher Blüten auf weiblichen Hanfpflanzen ab, so ist der Hanf als ein zweihäusiges Gewächs anzusehen. Man kann mithin männliche und weibliche Pflanzen unterscheiden, die man in allen Hanf bauenden Ländern genau kennt und mit besonderen zum Teil irrtümlich abgeleiteten Namen belegt. Die männliche Pflanze nennt man Sommerhanf, Hanfhahn (Preußen), Femel oder Fimmel, Staubhanf, Gelge (Holland), die weibliche Winterhanf, Hanfhenne (Preußen), Bästling (in Österreich Bösling). Geringe Hanfe weiblicher Pflanzen heißen in Niederösterreich Samling. Den männlichen Hanf, der um 2—3 Wochen früher reift als der weibliche Hanf, kann man zu einer Zeit aus dem Boden nehmen, in der er für die Fasergewinnung am tauglichsten ist. Er liefert eine feinere Hanfsorte als die weibliche Pflanze. Beim Anbau im Kleinbetrieb ist das frühere Ernten der männlichen Pflanzen, ehe also noch die weiblichen, fruchttragenden Pflanzen reif sind, als »Femeln« bekannt. Beim Anbau im großen werden entweder, wenn man auf die Hanffrüchte verzichtet, männliche und weibliche Pflanzen kurz nach dem Abblühen der männlichen Pflanzen geerntet, zu welcher Zeit männliche und weibliche Pflanzen gleich gute Fasern (Badische Schleißhanfgewinnung) geben, oder sie

werden, wenn man auch den gesamten Samenertrag erhalten will, erst nach vollendeter Kornreife geerntet, wobei allerdings die bereits abgestorbenen männlichen Pflanzen nur eine minderwertige, brüchige, leichter zerreißbare, häufig stärker verholzte Faser (Faserbündel) geben, trotzdem die Einzelfaser der Faserbündel keine erhebliche Festigkeitsverminderung erfahren haben soll. Das Verhältnis der Zahl der männlichen zu der der weiblichen Pflanzen in der Erntemasse wurde von O. Heuser für den deutschen Hanf mit 47 : 53 % festgestellt. Vom Gewicht allerdings machen die weiblichen Pflanzen (geriffelte Stengel) 79 %, die männlichen 21% aus. Dafür ist aber wieder der Fasergehalt der männlichen Pflanzen erheblich größer, 26 %, der der weiblichen nur 16%. Am Gesamtfaserertrag haben die weiblichen Pflanzen 69,8 % Anteil, die männlichen nur 30,2 %, was wegen des Umstandes, daß durch die Faser der überreifen männlichen Pflanzen eine Qualitätsverschlechterung der gesamten Faserernte eintritt, beachtenswert ist, weil sich die Qualitätsverminderung dann nur auf einen kleineren Teil der Gesamternte bezieht. Die Heranzüchtung einer einhäusigen Hanfpflanze wäre für die landwirtschaftliche Pflanzenzüchtung ein erstrebenswertes Ziel.

Männlicher Hanf wird, wenn er zuerst geerntet wird, wie die Flachspflanze aus dem Boden gezogen (gerauft). Bei der zweckmäßigsten Ernte des Hanfs im Stadium der Kornvollreife werden die weiblichen Pflanzen und auch die bereits abgestorbenen männlichen Pflanzen aber mit der Maschine geschnitten. Italienischer Hanf wird mit der Sichel geschnitten. Wie der Flachs wird der getrocknete Hanf zunächst geriffelt (die Fruchtgewinnung kann auch durch vorsichtiges Dreschen erfolgen), dann geröstet oder aber gedörrt, dann gebrochen, geschwungen und gehechelt. Im allgemeinen geht man bei all diesen Arbeiten weniger sorgsam vor als bei der Flachsgewinnung. Die Röste des Hanfs war gewöhnlich eine kurze 2—4 Wochen in Anspruch nehmende Kaltwasserröste. Im Fabriksbetrieb wird nun meist eine nur 3—7 Tage (je nach der Wassertemperatur) dauernde Warmwasserröste durchgeführt. Die italienische Bauernhanfröste, die ein sehr gutes Fasermaterial gibt, soll hauptsächlich durch *Bacillus felsineus* Carbone, ein anaërobes Bakterium, verursacht werden. Da die Warmwasserröste die Bedingungen für das Gedeihen von *Bacillus felsineus* bietet, dürfte dieser Mikroorganismus in der Praxis der Hanfrösterei noch von Bedeutung werden. Die Verwendung des aëroben *Bacillus Comesii* Rossi soll aber schon praktisch bei der Hanfröste günstige Erfolge gezeitigt haben. Auch eine bloße Tauröste wird angewandt, wobei häufig ein sehr dunkles

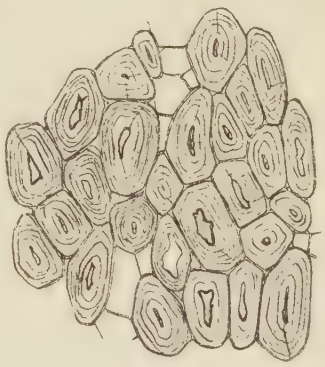


Abb. 44.
Hanffaser, Querschnitt eines primären Bündels. Vergr. 260.

Produkt, der Schwarzhanf, erhalten wird. Diese dunkle Farbe wird durch *Cladosporium*artige Pilze bedingt. Die Warmwasserröste ergibt eine lichte Faser (»weißgerösteter Hanf«). Die Hanfröste ist wie die Flachsröste eine durch Mikroorganismen erzeugte Pektingärung, bei der die Mittellamellen der die Faserbündel einschließenden Gewebe zerstört werden. Beim Hecheln erhält man Reinhanf und Werg. Das Werg wird häufig von den anhängenden nichtfaserigen Teilen (Schäben) unter Anwendung von Sieben gereinigt. Manchmal wird der Stengel vor dem Rösten und Trocknen geknickt, doch soll sich diese Basträste, die in Italien neben der Stengelröste üblich ist, bei uns nicht bewährt haben. In neuerer Zeit scheidet man behufs Ersparung von Arbeitskräften den Bast vom Holzteil auf rein mechanischem Wege ab, indem man die durch einen warmen Luftstrom getrockneten Stengel gleich auf bestimmt eingerichteten mechanischen Brechen (Knickmaschinen) verarbeitet, wobei alle

Gewebe bis auf den Bast zerbrochen werden und letzterer sich dann ziemlich rein erhalten läßt. Die so gewonnene billigere Faser ist allerdings von geringerer Güte als die durch Röste gewonnene Langfaser. Die mechanische Gewinnungsmethode, die sich besonders für geringere Qualitäten und für den auf Moorboden gewachsenen Hanf eignen soll, wird schon vielfach praktisch durchgeführt. Der Hanf kann auch in ähnlicher Weise wie die Jute (s. II, 7) gewonnen werden, indem man nach der Röste den Bast abzieht und sodann, was bei Jute nicht geschieht, klopft, wobei ein schäbenfreies, wertvolles Produkt erzielt wird (Pellhanf, Schleißhanf). 100 kg Rohhanfstengel geben bei der Naturwasserröste nach Glafey (253) 7 kg Schwinghanf, 5 kg Schwingwerg, 3 kg Knickwerg, zusammen also 15 kg Faserausbeute, weiter 60 kg Schäben; der Röstverlust beträgt 25 kg. Der Schwinghanf liefert 40 % Hechelhanf, 50 % Hechelwerg und 10 % Schäben und Staub.

Die Zahl der Fasern und der Fasergehalt ist in verschiedenen Höhen des Holzstengels verschieden. Nach Krais und Biltz (Textile Forschung IV, 1922, S. 16) soll der gewichtsmäßige Faseranteil in der Mitte des Stengels am größten sein und nach unten und nach oben abnehmen. Heuser (361) findet aber, daß zwar die absolute Fasermenge in der Stengelmitte am größten, daß aber der gewichtsmäßige Anteil von unten nach oben kontinuierlich zunehme. Nach A. v. Lücke (466 a) ist der Fasergehalt bei Hanf um so größer, je höher der Stengel und je kleiner der Stengeldurchmesser ist. Über Fasergehaltsbestimmungen siehe auch Bredemann (134).

Die Hanffaser ist im allgemeinen länger als die Flachsfaser. Bei gleicher Feinheit und Festigkeit gilt der längste Hanf als der beste. Gewöhnlich hat der Hanf eine Länge von 1—2 m. Die ausgezeichneten italienischen Hanfsorten haben eine Länge von mehr als 2 m. Alle Sorten dieser Faser übertrifft der Riesenhanf von Boufarik (Algier) an Länge; er mißt 3 m und darüber. (Eine durch Größe ausgezeichnete indische Spielart des Hanfes wird in Gärten unter dem Namen »indischer Riesenhanf« als Ziergewächs gezogen.) — Die Farbe des Hanfs wird als Zeichen der Güte betrachtet. Die weißlichen und grauen sind die besten, sodann kommen die grünlichen; die matten gelblichen und dunkel gefärbten Hanfsorten sind die geringsten. Der Glanz der Sorten ist erwiesenermaßen ein Zeichen der Güte. Vor allen übrigen ist der italienische Hanf (besonders die Bologneser Sorte) durch starken, seidigen Glanz ausgezeichnet. — Die Feinheit des Hanfes hängt nicht nur von der Glätte des Fadens, sondern auch von der Größe des Querschnitts der Faser ab. Gebrochener Hanf ist fast immer aus bandartigen, breiten Streifen zusammengesetzt. Gehechelt zeigt er verschiedene Grade der Feinheit. Im großen ganzen ist Reinhanf viel gröber als Reinflachs und nur die schönen Bologneser Sorten zeigen eine flachsartige Feinheit.

Bei einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt der Luft von 43,86° und einer Temperatur von 20,25° zeigt gehechelter Hanf italienischer Herkunft 9,25 % und solcher russischer Herkunft 9,13 % Wassergehalt, bezogen auf Trockensubstanz. Für 100 % relative Feuchtigkeit der Luft wird 23,9 % bzw. 23,7 % Wassergehalt angegeben [Hönig (381)].

Die Reißlänge der technischen Hanffaser gibt Heuser (361) zwischen 46 und 72 km an. W. Müller [Leipz. Monatschr. f. Text.-Ind. (24) 41, 1926, 213] fand bei der Untersuchung verschiedener Hanfsorten aus Rußland, Italien und Jugoslavien wesentliche Unterschiede in der Festigkeit, die zum Teil auf das Material, zum Teil auf die Aufbereitung zurückzuführen sind. Auch die Dehnung war bei den verschiedenen Sorten verschieden.

Mit Anilinsulfat behandelt färben sich selbst die sehr gut durch das Hecheln gereinigten, mithin fast nur aus Bastzellen bestehenden Fasern gelblich; die grauen und weißlichen Sorten weniger als die grünlichen und gelben. Aber selbst der ausgezeichnete, flachsartige italienische Hanf wird durch dieses Reagens gelblich gefärbt. Analoge Reaktion erzielt man durch Phlorogluzin + Salzsäure. Der Hanf ist somit selbst in seinen besten Sorten verholzt, wenn auch nicht in dem Maß wie die Jute. Jod und Schwefelsäure färben die Fasern der besten Sorten rein blau, jene der geringeren, stärker verholzten dagegen grünlich blau. Alles was an

Oberhaut-, Parenchym- und Holzgewebe der Faser anhaftet, wird durch diese beiden Reagenzien gelb bis braun gefärbt und durch Kupferoxydammoniak nicht aufgelöst, während die aus Bastzellen bestehende Faser durch dieses Reagens zerstört wird.

Die größten Hanfmengen produziert Rußland. Die russischen Hanfe sind nicht fein, aber von großer Festigkeit und Resistenz, auch gegenüber dem Einfluß des Wassers. Dem russischen Hanf entspricht etwa auch der galizische. Der aus russischem Saatgut gezogene deutsche Hanf ergibt eine recht gute Faser, die geeignet ist, den russischen Hanf zu ersetzen.

Der ausgezeichnetste aller im Handel erscheinenden Hanfsorten ist entschieden der Bologneser Hanf, dessen Länge bis über 2 m steigt, dessen Glanz seidig ist, und der sich durch flachsartige Weichheit und blonde Farbe von allen anderen Hanfarten unterscheidet. Dem Hanfbau und der Hanffasergewinnung wird überhaupt in Italien große Aufmerksamkeit zugewandt, was sich ja in der guten Qualität der erzielten Faserprodukte ausspricht. Aber die Einfuhr anderer Faserstoffe, besonders von Sisal (Blattfaser von *Agave sisalana*) hat die Produktion gröberer italienischer Hanfsorten etwas vermindert, während sich die Produktion feinerer Hanfsorten gehoben hat, da diese, besonders für Bindfädenerzeugung, durch Sisal nicht zu ersetzen sind [Bruck (104)].

Der in den südlichen Ländern angebaute italienische Hanftypus gibt geringen Samenertrag, dafür 3—3½ m hohe Pflanzen, während der in den nördlichen Ländern heimische selten über 1½ m hoch wird und sich durch reichlichen Samenertrag auszeichnet.

Den besten italienischen Sorten (Bologna, Ferrara) kommt an Güte am nächsten der Hanf von Grenoble. Der spanische Hanf (Hanf von Orihuela) wird als sehr fest bezeichnet. Elsaß, Preußen, Bayern, Württemberg, Baden und Österreich erzeugten Hanf. von denen besonders der Straßburger Hanf sich durch Güte auszeichnete und als Spinnmaterial sehr gut verwendbar ist. Der badische Hanf, der mehr dem italienischen Hanftypus gleicht, aber ganz guten Samenertrag gibt, liefert den besten Schleißhanf. Seit den vierziger Jahren wird auch in Nordamerika viel Hanf erzeugt. Die dort gewonnenen Sorten stimmen am meisten mit dem russischen Hanf überein, obwohl das heute verwandte Saatgut hauptsächlich von chinesischem Hanf stammen dürfte, das dort 1857 das erstemal eingeführt wurde und dann nach und nach den Hanf europäischen Ursprungs verdrängt haben soll.

Man unterscheidet ferner nach der Zubereitung den gebrochenen Hanf als Basthanf, den gehechelten Hanf oder Reinhanf je nach seiner Güte als Spinn- und Schusterhanf, und den beim Hecheln abfallenden, kurzfasrigen, unreinen Hanf als Werg, Kodille oder Tors. In Italien gewinnt man als Abfall des Reinhanfs ein relativ langfasriges Werg, welches, von Schäben gereinigt, als Streppatura in der Fabrikation von Bindfaden eine ausgedehnte Anwendung findet.

Die Gesamtproduktion an Hanf soll vor dem Kriege (Mittelwert aus den Erträgen von 1903—1912) 483 600 Tonnen Rohhanffaser betragen haben [Freudenthal (239 d) 88]. Der stärkste Erzeuger von Hanffaser war Rußland, hierauf folgte Italien, sodann Ungarn, Frankreich, Österreich, Deutschland.

1910 waren nach Marquart (Der Hanfbau, 1919) in Europa folgende Flächen dem Hanfbau gewidmet:

Rußland	653 000 ha
Italien	79 000 „
Ungarn	63 000 „
Österreich . . .	23 000 „
Frankreich . . .	14 000 „
Serbien	15 000 „
Spanien	9 000 „
Rumänien	6 000 „
Bulgarien	3 000 „

Die russische Hanfanbaufläche war seit Beginn des Weltkrieges bis 1920 in ständigem Rückgang begriffen. Seither ist die Erzeugung wieder im Steigen und für die Rohstoffversorgung der hanfverarbeitenden Länder von Bedeutung geworden.

Da die Hauptanbaugebiete für Hanf im alten Österreich (ohne Ungarn) sich in Ostgalizien und in der Bukowina (etwa 80 %) befanden, so ist die Hanferzeugung des jetzigen Deutsch-Österreich sehr gering (1924 : 316 t auf 351 ha). Auch

Ungarn hat einen Großteil seiner Hanfanbaugebiete an Jugoslavien verloren, das heute neben Polen zu den Haupterzeugungsgebieten gehört. Die italienische Hanfproduktion litt durch den Krieg, stieg aber nachher bis 1920 bis auf 97 800 t auf 95 300 ha an, um in den nächsten zwei Jahren fast auf die Hälfte zu fallen und dann wieder anzusteigen (1924 : 74 000 t auf 70 200 ha).

P. König (414a) gibt für das Jahr 1913 folgende allerdings stark abgerundeten Zahlen über die Weltproduktion an Hanffaser (Schwunghanf):

Rußland	etwa	300 000 t
Italien	„	80 000 t
Österreich-Ungarn .	„	64 000 t
Frankreich	„	13 600 t
Serbien	„	7 200 t
Japan	„	10 000 t
China	„	8 800 t
Spanien	„	7 200 t
Türkei	„	3 400 t
Bulgarien	„	2 400 t
Rumänien	„	2 000 t
Verein. Staaten . .	„	1 500 t
Chile	„	500 t
Zusammen	etwa	500 600 t

In Deutschland dürfte vor dem Kriege die Anbaufläche ungefähr nur 400 ha betragen haben, obwohl 1878 noch 21 178 ha mit Hanf bebaut waren. Den Bestrebungen der im Kriege gegründeten, nun bereits wieder aufgelösten Deutschen Hanfbaugesellschaft ist es zu verdanken, daß der Hanfbau in Deutschland wieder bis auf 5000 ha emporstieg. Seither ist allerdings die Hanfkultur wieder zurückgegangen (1921 war die Anbaufläche nur 1772 ha, 1923 aber 3267 ha, 1924 3651 ha, s. Freudenthal [239d] S. 121), obwohl in Deutschland noch große Flächen Niederungs-Moorboden, der sich für den Hanfbau besonders eignet, für diese wichtige Faserpflanze volkswirtschaftlich vorteilhaft verwertet werden könnten. Näheres über den Anbau des deutschen Hanfes siehe Heuser (361) und Freudenthal (239c, d).

Die Produktion von Hanf in Nordamerika ist seit 1886 in langsamem Sinken, während die Einfuhr im allgemeinen im Steigen begriffen war. Dewey (179) gibt die jährliche Produktion in Nordamerika mit 5100 Tonnen für die Zeit von 1911—1913 an.

Geschichtliches. Der Hanf trat als Faser- und überhaupt als Kulturpflanze später auf als der Flachs. Den alten Ägyptern und Phönikern war er unbekannt, aber in Indien tritt *Cannabis sativa* als angebautes Gewächs schon 800 bis 900 Jahre vor unserer Zeitrechnung auf. Nach Mitteilungen von L. v. Schröder ist der Sanskritname *çaṇa* allerdings nicht unzweideutig und kann sich sowohl auf die echte Hanfpflanze als auch auf *Crotalaria juncea* (s. unten bei Sunn) beziehen. Aber wenn von *çaṇa* als einer Pflanze, die ein Heilmittel oder narkotisches Genußmittel liefert, die Rede ist, so kann sich dieser Name nur auf die Hanfpflanze beziehen. Nun erscheint *çaṇa* als Heilmittel im Atharvaveda, 800 bis 900 Jahre v. Chr. Ein Jahrhundert später werden in der indischen Literatur Gewebe und Geflechte und später in den Sûtras (etwa 600 Jahre v. Chr.) Schnüre und Stricke, die aus der Pflanze *çaṇa* erzeugt wurden, erwähnt. Die indische Kultur der Hanfpflanze zielte auf ein Gewächs hin, das in seinen Früchten ein narkotisches Genußmittel darbietet. So hat sich die Pflanze zu einer Kulturform entwickelt, die als Faserpflanze geringwertig ist und deshalb jetzt in Indien zu textilen Zwecken sehr wenig, dagegen häufig zur Herstellung von berauschenden Getränken, narkotischen Stoffen und Heilmitteln dient. Die Skythen benutzten den Hanf als Faserpflanze, wußten aber aus ihm auch ein berauschendes Getränk zu bereiten. In China wurde schon 500 v. Chr. Hanf gebaut. (Engler in Notizbl. Bot. Garten Berlin, 1904.) Bei der Völkerwanderung brachten die Skythen den Hanf nach Südrußland, wo die Kultur große Ausdehnung erreichte. Von hier aus kam der Hanf nach Norden zu den Slawen und Germanen Europas. Ein anderer Weg nach Europa führt, wie bereits erwähnt wurde, von Kleinasien zu den Griechen, Römern und schließlich zu den Galliern. Herodot erwähnt, daß die Thrakierinnen Kleider aus Hanfgeweben verfertigten. Von römischen Schriftstellern nennt zuerst Lucilius (um 100 v. Chr.) den Hanf (*cannabis*) als Faserpflanze. Pli-

nius (XIX, S. 175) spricht vom Hanfbau und hebt hervor, daß um Reate im Sabinerland die Hanfpflanze baumhoch werde. Seit dem Zweiten Punischen Krieg, der die Römer mit dem *spartum* (s. unten bei Esparto) bekannt machte, scheint eine Einschränkung des Gebrauches der Hanffaser bei ihnen stattgefunden zu haben. Frühzeitig wurde in Gallien und in den slawischen Ländern Hanf als Faserpflanze gebaut. Vom südlichen Frankreich und von den slawischen Ländern aus hat sich der Hanfbau verhältnismäßig spät nach dem übrigen Europa verbreitet [Blümner (91), 2. Aufl., 1912, S. 308; Hehn (323, S. 186)].

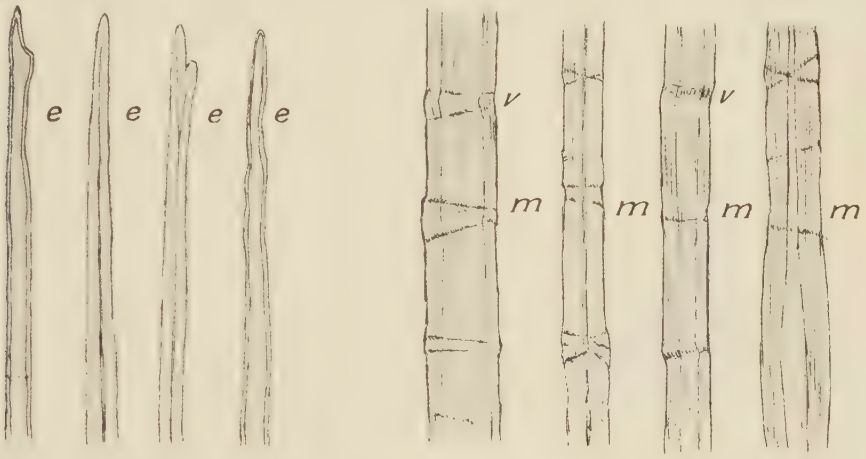


Abb. 45.
Bastfasern des Hanfs. Längsansicht der Einzelfaser. *v* Verschiebungen, *m* Mittelteile, *e* Enden. Vergr. 250.

Die Herleitung der Namen, welche für Hanf in den verschiedenen Ländern gebraucht wurden (*cannabis* der Römer, *κανναβις* der Griechen, *hanef* im Althochdeutschen, *konoplja* im Altslawischen), scheint noch nicht geklärt [siehe Schraders Anmerkung in Hehn (323, S. 188 bis 189)] und konnte deshalb keine sicheren Anhaltspunkte für die Herkunft des Hanfes geben.

Von Spanien aus kam der Hanf im 16. Jahrhundert nach Chile. Etwas später wurde er nach Nordamerika gebracht (Virginia, Massachusetts), scheint aber erst in Kentucky, wo die eigentliche Kultur 1775 begonnen wurde, ein dauerndes Anbaugebiet gefunden zu haben [Dewey (179) S. 292].

Die Kultur des Hanfes hat nach und nach eine große Ausdehnung gewonnen, besonders in Rußland; aber in neuerer Zeit ist diese durch große Festigkeit und Widerstandskraft ausgezeichnete Faser durch billigere tropische Konkurrenten etwas zurückgedrängt worden. Für Fabrikate, die große Festigkeit besitzen (Seilerwaren, Segeltuch usw.) oder der Wirkung des Wassers widerstehen sollen (Taue), ist der Hanf nicht leicht zu ersetzen, aber zur Herstellung von Packtuch, Säcken u. dgl. wurde Hanf allenthalben schon lange durch die weitaus billigere Jute verdrängt; aber selbst als Rohstoff für Seilerwaren treten schon seit einiger Zeit Manilahanf, Sisal und ähnliche tropische Faserstoffe als starke Konkurrenten des Hanfes erfolgreich auf.

Mikroskopisches Verhalten. Die Hanffaser stellt das mechanische Gewebe der Hanfpflanze dar, das aus primär und sekundär angelegten Bastfasersträngen besteht, die aber nicht vollständig getrennt verlaufen, sondern auch miteinander anastomisieren. Die technische Faser besteht also der Hauptmasse nach aus Bastzellen. Aber selbst in fein gehecheltem Hanf treten neben den Bastzellen noch kleine Mengen von Bastparenchymzellen auf. Im gebrochenen oder unvollkommen gehechelten Hanf findet man außerdem noch Oberhautfragmente, Reste von Parenchym- und Holzgewebe der Hanfstengel. Behandelt man den zu untersuchenden Hanf mit Jod und Schwefel-

säure, so nehmen nur die Bastzellen eine grünblaue oder sogar blaue Farbe an; alle übrigen Gewebe werden gelb bis braun gefärbt. Auch durch Einwirkung von Kupferoxydammoniak kann man sehr leicht die der reinen Hanffaser fremden Gewebsbestandteile sichtbar machen; das Reagens löst nur die Bastzellen; die übrigen Gewebsbestandteile bleiben ungelöst zurück. Da die genannten Gewebe an der Hanffaser in ziemlich wohlerhaltenem Zu-

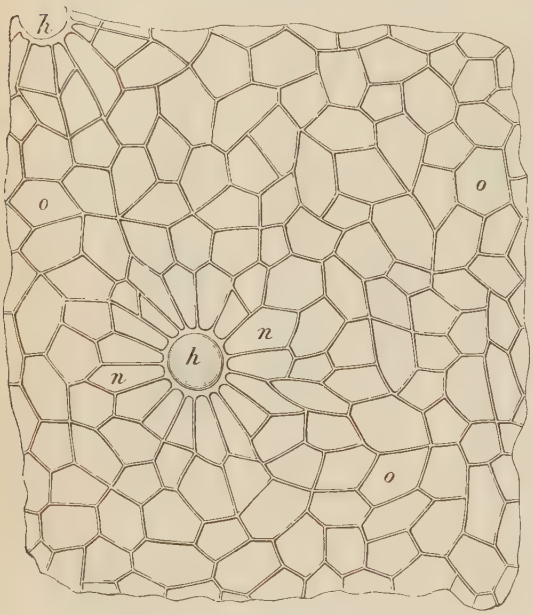


Abb. 46.
Oberhaut des Hanfstengels. *oo* Oberhautzellen, *h* von einem Haare in der Oberhaut zurückgebliebene Lücke, *n* Nebenzellen der Haare. (Wiesner, Papyrus Erzh. Rainer.)

stand vorhanden sind, so kann es keine Schwierigkeit machen, sie neben den integrierenden Bestandteilen der rohen ungebleichten Hanffaser, nämlich neben den Bastzellen und Bastparenchymzellen, zu erkennen. Die in geringer Menge vorhandenen Bastparenchymzellen haben nach Wiesner eine Länge von 15—84 μ, eine Breite von 12—15 μ. Sie treten in Zellreihen auf, welche den Bastzellen parallel laufen, und enthalten morgensternförmige Kristalldrusen von Kalziumoxalat. Ihre Wände sind nur schwach verdickt. Cramer (162) hat zuerst darauf hingewiesen, daß viele dieser Parenchymzellen mit einem intensiv rotbraunen Inhalt gefüllt sind, welcher kochender Kalilauge und konzentrierter Schwefelsäure lange widersteht.

Zur Erkennung der Hanffaser in gröberen Produkten, namentlich solchen, welche aus Werg erzeugt werden, leisten die den Fasersträngen nicht selten anhaftenden Oberhautfragmente sehr gute Dienste, wie zuerst von Cramer gezeigt wurde. Die Oberhaut des Hanfstengels (Abb. 46) ist fast spaltöffnungsfrei, führt kegelförmige, etwas gekrümmte mit Warzen besetzte Haare, welche leicht abfallen und in der Oberhaut kreisförmige Narben zurücklassen, die von radial angeordneten Nebenzellen umgeben sind.

Über die Verwertung der Oberhäute als »Leitelemente« bei der Unterscheidung von Hanf und Flachs siehe weiter unten.

Über die genauere Anatomie des Hanfstengels siehe die Monographie von Briosi und Tognini (97).

Die Bastzellen des Hanfs sind gleich denen des Flachses sehr lang und messen 5—55 mm (nach Höhnel meist 15—25 mm). Auf dem Querschnitt erscheinen die Hanfbastzellen in Gruppen, die innen meist abgerundet polygonal konturiert und außen von vielfach abgerundeten Kanten begrenzt erscheinen. Das Lumen ist im Querschnitt ziemlich breit, meist breiter als die Wanddicke, manchmal etwas unregelmäßig gebuchtet konturiert oder verzweigt. Im Längsverlauf erscheint sie nicht so regelmäßig gestaltet wie die Flachsbastzelle und die bedeutende Breite des Lumens ist nur deutlich zu erkennen, wenn die Faser auf einer Breitseite aufliegt. An den Schmalseiten erscheint das Lumen oft nur linienförmig. Bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure zeigen die Querschnitte der Rohfaser eine deutliche schmale, gelbe Umrandung, die von der Mittellamelle und der schwer sichtbaren, feinen primären Membran gebildet wird. Die sekundäre Membran erscheint im Querschnitt schön geschichtet, was zur Folge hat, daß in der Längsansicht eine Pseudostreifung beobachtet werden kann. An maceriertem Material tritt nach Reimers (569, S. 234) durch Druck oder sonstige Eingriffe eine etwaigen langstrichförmigen Poren parallel laufende Streifung hervor, die aber nicht wie beim Flachs ursprünglich ist. An der primären Membran der

isolierten Bastzellen gut erhaltener Fasern (bei stark bearbeiteten Fasern ist diese vielfach nicht mehr vorhanden) kann man nach Reimers in der Längsansicht kurz elliptische Poren in linksläufigen Spiralen — allerdings nicht leicht — beobachten. Die natürlichen Enden dieser Zellen laufen meist stumpf aus; nicht selten sind sie sogar elliptisch abgerundet. Verzweigte Zellenden kommen nach Schilling (700) hauptsächlich am Basalteil des Stengels, besonders im Hypokotyl und an Ansatzstellen von Seitenästen, also an Stellen stärkerer mechanischer Beanspruchung, vor, und können auch experimentell durch Knickung der Stengel erhalten werden. Dadurch sind die Widersprüche, die sich in der Literatur bezüglich des Vorkommens der Gabelenden dieser Fasern findet, aufgeklärt. Seinerzeit haben nämlich z. B. Schacht (1853), Höhnel (374, 1. Aufl.), Hanausek (285) u. a. die Gabelenden in reichlichem Maße gefunden und als wichtiges Erkennungszeichen der Faser bewertet, während Wiesner (760), Vétillard (735) und Cramer (162) dieser Anschauung nicht zustimmen. Später hat v. Höhnel noch mitgeteilt, daß die Zahl der mit verzweigten Enden versehenen Bastzellen bei verschiedenen Sorten verschieden sei, und daß nach den bisher von ihm angestellten Beobachtungen die Zahl solcher Bastzellen mit der geographischen Breite des Standortes der Pflanze abnimmt. Von einer Erkennung geographisch verschiedener Sorten kann natürlich nach Schillings Feststellungen, daß die Gabelenden experimentell hervorgerufen werden können, keine Rede mehr sein und es wird natürlich außer von anderen Umständen bei der Gewinnung vor allem davon abhängen, ob der Stengel der Pflanze während des Wachstums durch Wind stärker mechanisch beansprucht wurde oder ob Basalteile auch zur Fasergewinnung herangezogen (z. B. bei gerauften Pflanzen) werden, ob dann mehr oder weniger Gabelenden bei den Bastzellen zu finden sind.

Die Hanffaser, die die Prozesse des Brechens usw. durchmachte, erscheint nach Wiesner stets parallel gestreift und ist häufig mit Querbrüchen oder »Verschiebungen« versehen. Die natürliche Bastzelle läßt, wenn sie sorgsam aus dem Verband genommen wurde, so daß sie keinerlei Verletzung hierbei erlitt, weder »Verschiebungen« noch Streifung erkennen. Nach Schacht beträgt der Durchmesser der Zellen 12,5—17,5 μ. Nach Wiesners Beobachtungen beträgt der maximale Durchmesser der Zellen 15—28 μ. G. und F. Tobler (694, S. 116), die die Breite der Faser mit 10—15 μ angeben,

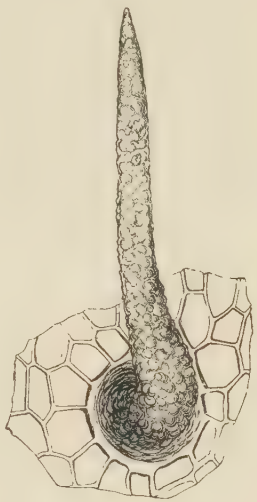


Abb. 47.
Haar vom Stengel des Hanfs mit einem Oberhautfragment. Vergr. 300.
(Nach Wiesner, Papyrus Erzh. Rainer.)

wiesen darauf hin, daß es sehr zarten, seidigen japanischen Hanf gebe, der wesentlich geringere Dimensionen aufweist. Die Zellen sind höchst verschieden, meist aber ziemlich stark verdickt. Die Breite des Lumens der Zellen beträgt durchschnittlich den dritten Teil der Zelldicke. A. Herzog (352, S. 510) gibt bei badischem Hanf bei einer Gesamtquerschnittfläche der Faser von 297,2 μ^2 die Wandung mit 285 μ^2, den Hohlraum mit 12,2 μ^2 an, so daß 4,1 % der Gesamtfläche auf das Lumen und 95,9 auf die Wandung entfallen. Von einer anderen Hanfeinzelfaser gibt er die Größe der Querschnittsgesamtfläche wieder mit 442 μ^2 an, wovon das Lumen 18 μ^2, also rund 4 %, ausmacht.

Höchst charakteristisch ist die Einwirkung von Kupferoxydammoniak auf die Bastzellen des Hanfs. Unter Annahme einer blaugrünen bis blauen Farbe quellen ihre Membranen auf und zeigen hierbei

oft eine zarte Streifung. Während die Verdickungsschichten sich auflösen, widersteht die Mittellamelle, bzw. primäre Membran und der protoplasmatische Inhalt der Faserzelle lange der Einwirkung des Reagens. Der Innenschlauch der Bastzellen ist meist nicht unverändert erhalten, sondern, wie Reinitzer (572) bei seinen gründlichen Untersuchungen über den Bau der Flachs- und Hanffaser gezeigt hat, treten die Reste des Protoplasmas häufig in Form von feinen oder breiteren, manchmal unterbrochenen oder gekörnelten Bändern im Lumen der Zelle auf. Werden Bastzellen des Hanfes, welche solche faserförmige Protoplasmareste enthalten, mit Kupferoxydammoniak behandelt, so erscheinen in der quellenden Zellulosemasse diese Protoplasmastränge ebenso wie der gänzlich erhaltene Innenschlauch hin und her gewunden, da sie an dem Zusammenhang der der Dicke nach quellenden Zellulosemasse keinen Anteil haben (Abb. 48). Die Mittellamelle (primäre Membran) bildet bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak ein charakteristisches, breites quergefaltetes Band. An sehr feinen, gut gerösteten Hanfbastzellen fehlen oft die Außenhäute, oder sie

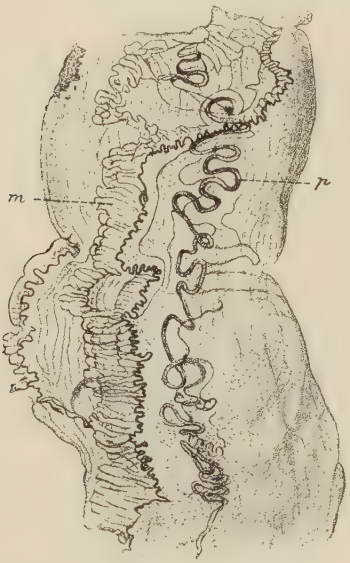


Abb. 48.
Bruchstück einer Hanffaser nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *p* Protoplasmareste in Form von Fäden. *m* Streifenförmige Reste von Mittellamellen, wellenförmig gestaltet. Vergr. 370. (Nach F. Reinitzer.)

sind, wie Reinitzer fand, nur in Form von Längsstreifen vorhanden, die bei Behandlung mit stark wirkenden Quellungsmitteln eine stark ausgeprägte Querfaltung erkennen lassen (Abb. 49, 50).

Daß bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak auf gröbere Hanfsorten, bei welchen viele Bastzellen noch rund von Mittellamellen umgeben sind, diese letzteren von den stark quellenden Zelluloseschichten abgestreift werden, wodurch die von den Mittellamellen befreiten Bastzellen stellenweise blasenförmig aufgetrieben werden, ist schon oben (S. 556) eingehend erörtert worden (s. Abb. 51).

Abb. 49.
Hanffaserbruchstück aus einem rohen, stark verholzten Hanf nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *a a* äußerste verholzte, infolge der Einwirkung des Reagens faltig gewordene Zellhautschicht. *i* Innenhaut. Vergr. 300. (Aus Wiesner, Papyrus Erzh. Rainer.)

Während die Baumwolle und die Leinenbastzelle schon durch Jod und Schwefelsäure gebläut werden, tritt bei der Hanffaser nur selten eine rein blaue, häufig eine mehr oder weniger ins Grüne gehende Färbung auf. Vollkommen gebleichte oder mit Chromsäure vorbehandelte Hanfbastzellen zeigen, wie leicht begreiflich, die reine Zellstoffreaktion. Die Wirkung der Chromsäure ist bei der Hanfbastzelle die gleiche wie bei der Bastzelle des Flachses. Anilinsulfat färbt die unveränderte Bastzelle des Hanfs gelblich, Phlorogluzin + Salzsäure

schwach rötlich violett, die Mäulesche Reaktion verursacht Rotfärbung.

Beim Befeuchten der Hanffaser mit Wasser soll sich der Hanf nach Reimers (568) entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers drehen, während Flachs sich im Sinne des Uhrzeigers dreht [Sonntag (677)]. Nach Sonntag (677) und auch A. Herzog (352, S. 558) wäre allerdings die Drehungsrichtung des Hanfes wechselnd.

Mikroskopische Unterscheidung von Hanf und Flachs. Über die Unterschiede von Hanf und Flachs hat uns nach dem jetzigen Stand unseres Wissens A. Herzog (352, S. 558) folgende Zusammenfassung gegeben:

Die mit Chlorzinkjod behandelte Flachsfaser zeigt in der Längsansicht rotviolett gefärbte Wandung und ein scharf abgesetztes, schmales Lumen, in dem fast in jeder Faser gelbe, fadenförmige Inhaltsreste vorhanden sind. Die Hanffaser erscheint dagegen mit Chlorzinkjod schmutzig rotviolett, manchmal auch grünlich gefärbt, das meist breite Lumen ist häufig undeutlich begrenzt, und die seltener auftretenden Inhaltsreste sind gelb, meist körnig oder brockig. Die Faserenden bei Flachs sind

Abb. 50.
Hanffaser im Kupferoxydammoniak. Die Mittellamelle schiebt sich unter Bildung von zahlreichen Querfalten stark zusammen. Vergr. 100. (Nach A. Herzog.)

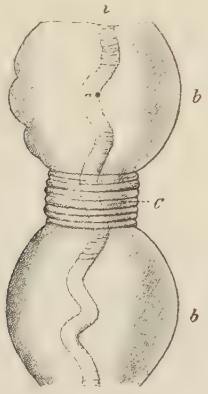


Abb. 51.
Fragment einer von der Mittellamelle rund umgebenen Hanfbastzelle nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *b* blasenförmige Auftreibung der Zellulosehaut. *c m* abgestreifte zusammengezogene, gürtelförmig angeordnete Mittellamelle. *i* Innenschlauch (schematisch). Vergr. 40.

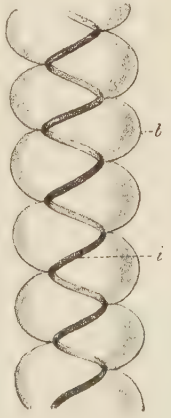


Abb. 52.
Fragment einer mit Mittellamelle bekleidet gewesenen Hanfbastzelle nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. *i* Schraubenförmig sich ablösende Mittellamelle, *b* blasenförmig aufgetriebene Zellulosehaut. Vergr. 400.

meist lang ausgezogen und scharf zugespitzt, bei Hanf dagegen meist abgerundet.

Im Querschnitt erscheinen die Fasern vom Flachs in Chlorzinkjod rotviolett, und nur einzelne Fasern sind gelb umrandet oder gelb, während bei Hanf alle Fasern deutlich gelb umrandet sind. Dabei sind bei Flachs die Inhaltsreste gelb, meist als Punkt im Faserinnern sichtbar, bei gröberen Fasern das Lumen nur zum Teil ausfüllend, während bei Hanf Inhaltsreste seltener zu beobachten und diese dann meist körnig oder brockig sind. Die Querschnitte der beiden Fasern unterscheiden sich auch noch durch ihren Umriß und die Form ihres Lumens.

Bei Flachs zeigen die in Gruppen auftretenden Querschnitte scharfeckig-polygonale Umrisse und ein kleines, punktförmiges Lumen, während bei Hanf mehr rundliche und unregelmäßige Querschnitte mit breiterem, unregelmäßigem Lumen und konzentrisch geschichteter Wandung auftreten.

In Kupferoxydammoniak quillt und löst sich Flachs rasch unter Hinterlassung weniger Rückstände, während Hanf langsam quillt und sich unter Zurücklassung von viel Rückständen löst. Im Innern zeigen dann die Flachsfasern einen feinen, gewellten Plasmafaden, während bei Hanf nach A. Herzog nur wenige Fasern Plasmareste in körniger oder schuppiger Form aufweisen sollen. Von der Mittellamelle bzw. primären Membran zeigen sich bei Flachs nur wenig auffallende Reste, während bei Hanf höchst charakteristische Reste in Form von zahlreichen Querfalten an der Oberfläche der Fasern auftreten. Die Schichtung der Flachsfaser zu Beginn der Quellung ist sehr deutlich, später wenig sichtbar. Beim Hanf ist die Schichtung gröber als beim Flachs, die äußere Schicht ist häufig zum Teil abgetrennt, der Innenschlauch gut erkennbar. Bei Flachs ist an den meisten Fasern Streifung gut sichtbar (linksläufige Spirale), während bei Hanf Streifung schwer nachzuweisen ist und diese dann rechtsläufig ist. Verschlußstellen und Plasmaknoten sind bei Flachs an einzelnen Fasern stets mit Sicherheit nachzuweisen, während sie bei Hanf fehlen.

In einem durch Mischen von Kaliumbichromat mit überschüssiger Schwefelsäure bereiteten Chromsäuregemisch zeigt Flachs eine wenig geschichtete, rasch gelöst werdende Wandung, während Hanf in Chromsäure stark geschichtet erscheint, das Innenhäutchen als gerade Röhre plastisch hervortreten läßt und die Wandung nur langsam gelöst wird.

Was die als Verunreinigungen den Fasern noch anhängenden Gewebereste des Pflanzenstengels anbelangt, so sei darauf hingewiesen, daß die besonders gröberen Produkten anhängenden Oberhautfragmente des Stengels als »Leitelemente« bei der Unterscheidung von Hanf und Flachs gute Dienste leisten. Die Oberhaut des Flachses besteht aus langgestreckten Zellen, ist reich an Spaltöffnungen (1 cm² mit etwa 3000 Spaltöffnungen) und frei von Haaren, während die Oberhaut des Hanfstengels aus viel kleineren Zellen besteht, zwischen denen nur sehr wenige Spaltöffnungen sich finden (1 cm² ungefähr mit 12 Spaltöffnungen). Außerdem finden sich auf der Hanfepidermis kegelförmige, etwas gekrümmte, mit Warzen besetzte Haare, die leicht abfallen und kreisförmige Narben zurücklassen, die von radial angeordneten Nebenzellen umgeben sind (Abb. 46 u. 47). Beim Hanf ist das Rindenparenchym kristallführend, bei Flachs kristallfrei. Die Holzgefäße sind beim Flachs eng, von den Holzfasern in der Weite kaum verschieden, beim Hanf weit und von den Holzfasern in der Weite auffallend verschieden. Die Hoftüpfeldurchmesser bei Flachs etwa 2 μ, bei Hanf etwa 5 μ groß. Die beim Hanf zwischen den Fasern sowie innerhalb des Bastes auftretenden, langgestreckten Zellen mit dem auffallenden rotbraunen Inhalt fehlen beim Flachs.

R. Bartunek (66) gibt eine färberische, auf dem strukturellen Unterschied der Fasern beruhende Unterscheidungsmethode von Baumwolle, Flachs und Hanf an. Werden die drei Faserarten (Flachs und Hanf in kotonisiertem Zustand) schnell durch eine Flotte gezogen, die im Liter 0,7 g Toluylenorange G· (Agfa), 0,3 g Benzoreinblau konz. (By) und 10 g Glaubersalz krist. enthält, rasch ausgepreßt, so ist nach dem Trocknen Baumwolle gelb, Flachs olivgrün und Hanf grün gefärbt.

Verwendung. Da die Hanffaser sich nicht leicht vollständig bleichen läßt, wird sie meist in der Gewebeerzeugung in ungebleichtem Zustande verwandt. Die meiste Verwendung findet jedoch der Hanf wegen seiner Dauerhaftigkeit und Festigkeit zur Herstellung von Seilerwaren, zu Bindfaden, Netzen, Seilen, Schiffstauen usw. Die Hanffaser läßt sich teeren, ist mithin für alle Sorten von Tauen verwendbar. Dadurch unterscheidet sie sich vorteilhaft vom Manilahanf.

Das Werg und die Abfälle der Hanfspinnerei werden auch als ordinäres Polstermaterial und auch in der Papierfabrikation verwertet. Die Abfälle bei der Hanfgewinnung (Rohknickwerg, Abfall-, Schwing- und Hechelwerg) werden durch besondere biologische oder chemische Verfahren noch weiter aufgeschlossen, »kotonisiert« und als »Hanfwolle«, zum Teil gemischt mit Baumwolle, zur Erzeugung von guten Geweben verwertet. [»Gminder-Linnen« (Reutlingen) als Sommerkleiderstoffe und als Hausleinen.] Allerdings hat diese Hanfwolle noch nicht die für die rationelle Verspinnung auf Baumwollspinnmaschinen notwendige Spinnstruktur.

7. Jute. Die Jute ist die Bastfaser mehrerer indischer *Corchorus*-Arten, Pflanzen aus der Familie der Tiliaceen.

In Indien wird diese Faser seit undenklichen Zeiten versponnen und verwebt. Der Name Jute, der jetzt allgemein im Gebrauch ist, wird seit alters von den Bengalen für die Faser von *Corchorus* gebraucht, während sie die Pflanze, welche die Faser liefert, »paat« nennen. Die Zahl der in Indien landesüblichen Namen für Jute ist, wie sich Dodge (187) ausdrückt, Legion. Nach Semler (664, S. 644) sind für Jute in Indien 64 Lokalnamen im Gebrauche. Der Sanskritname ist Jhat, so viel wie Faser, von welchem Worte sich der jetzt gebräuchliche Ausdruck Jute ableitet. Nach G. Watt (749) heißt die Jute im Sanskrit yuta. Nach einer Mitteilung von L. v. Schröder geht das Wort Jute wahrscheinlich zurück auf Sanscr. vyuta (vi-uta), so viel als geflochten, gewebt, bzw. (substantivisch) Geflecht oder Gewebe. Aus den vielen in Indien für diesen Faserstoff üblichen Namen hat der Botaniker Roxburgh (1795) gelegentlich der Übersendung eines Ballens dieses Spinnstoffes an die ostindische Handelsgesellschaft den Namen Jute ausgewählt.

In der älteren technischen Literatur findet man auch die früheren, heute bereits außer Gebrauch gekommenen Bezeichnungen wie: Gunny fibre, Paathanf, Kalkuttahanf, Indian grass. In neuerer Zeit ist Jute bedauerlicherweise im Handel ein Sammelnamen geworden, da man auch nur juteähnliche oder die echte Jute ersetzen sollende Faserstoffe mit diesem Namen belegt, so z. B. die afrikanische Jute, Java- oder Bimlipatam-Jute von *Hibiscus cannabinus*, chinesische Jute von *Abutilon avicennae* usw.

Bei den ersten Sendungen nach Europa fand die Jute wenig Beachtung. Erst im Jahre 1832 wurde sie in Dundee, wo auch heute noch ein Hauptsitz der Jutespinnerei ist, in größerem Maßstab verarbeitet. Seit dieser Zeit steht sie in steigender Verwendung. Aber erst in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts hat die Jute für die Spinnereien Englands und des Kontinents eine größere Bedeutung gewonnen. Namentlich war der Mangel an russischem Hanf in England zur Zeit des Krimkrieges die Veranlassung, große Mengen von Jute aus Indien nach England bringen zu lassen. Aber auch die Baumwollnot zur Zeit des amerikanischen Bürgerkrieges hat sehr begünstigend auf die englische Juteindustrie eingewirkt (Grothe). Welche Ausdehnung die Kultur der Jute und welche enorme Bedeutung die Jute als Spinnstoff gewonnen hat, geht aus folgenden Angaben deutlich hervor. Im Jahre 1828 betrug die Ausfuhr roher Jute aus Indien 346 Zentner, im Jahre 1856 stieg sie auf 700 000, 1872 auf 6 Millionen, 1891 auf 12 Millionen Zentner. 1914/15 betrug die indische Juteernte 10 443 924 Ballen (zu 182 kg), wovon in Indien selbst 5 500 000 Ballen verbraucht wurden. Der höchste Stand der Juteanbaufläche wurde 1907 mit 3 974 300 acres (zu 4046,76 m²), der tiefste 1921 mit 1 518 400 acres erreicht. 1922 wurden nur etwa 6 Millionen Ballen geerntet. Die Unterschiede in der Anbaufläche erklären sich durch die besonderen Bedürfnisse dieser Pflanze (Feuchtigkeit und Wärme), weshalb in feuchten Jahren in Indien

mehr Jute, in trocknen mehr Reis angebaut wird. Der Verbrauch der Jute ist in den letzten 30 Jahren ziemlich regelmäßig gestiegen, was bei den oft ungenügenden Ernten und dem Anwachsen der Juteindustrie zu bedeutenden Preisänderungen führte. Die Preisschwankungen der Rohjute im letzten Vierteljahrhundert waren solche, wie sie bei einem andern Faserstoff kaum zu verzeichnen sind. Hier seien einige Durchschnittspreise pro engl. Tonne für Rohjute Marke „Firsts" in Pfund Sterling angeführt [D. Lein.-Ind. (12) 1926, 522]:

Erntejahr	£	s	d
1901/02 . . .	12	—	—
1905/06 . . .	19	15	—
1906/07 . . .	24	17	—
1909/10 . . .	14	1	3
1913/14 . . .	32	14	—
1914/15 . . .	21	9	2
1918/19 . . .	48	17	2
1919/20 . . .	64	10	—
1921/22 . . .	29	17	11
1924/25 . . .	41	3	9
1925/26 . . .	49	15	10

Baumwolle und Jute sind heute die beiden wichtigsten vegetabilischen Faserstoffe. — Die europäische Juteindustrie erstarkte zuerst in Großbritannien, wo sie sich um Dundee, London und Glasgow bedeutend entwickelte, hierauf folgte Deutschland (1861), später dann Amerika, Belgien, Holland, das ehemalige Österreich, Italien usw. und am spätesten Rußland. Heutzutage marschiert Indien mit seiner Juteindustrie an der Spitze. An zweiter Stelle steht dem Verbrauch an Rohjute nach die Juteindustrie Deutschlands. Die Zukunft wird erweisen, ob die Juteindustrie nicht vielleicht doch schon über das wirtschaftliche Bedürfnis etwas hinausgewachsen ist.

Die größten Mengen der im Handel vorkommenden Jute liefert der kultivierte *Corchorus capsularis* L. Aber auch der in den wärmeren Ländern Asiens und in Westafrika als Gemüse verwendete *C. olitorius* liefert gelegentlich Jute. Wildwachsende Pflanzen von *C. capsularis* und *olitorius* werden allerdings zu Flechtarbeiten, nicht mehr aber wie früher zu textilen Zwecken benutzt. Gering ist die Fasermenge, die kultivierte Formen von *Corchorus acutangulus* Lam. (= G. *fuscus* L.) und *decemangulatus* Roxb. (wahrscheinlich nur eine Form von *C. olitorius*) liefern.

Corchorus capsularis wird als Faserpflanze stark in Indien (hauptsächlich in den Distrikten Bengal und Ostbengal, die die Delta des Ganges und Brahmaputra umfassen) und den umliegenden Inseln, in Ostasien (besonders China, aber auch auf Formosa), in neuerer Zeit auch in Algier, in Guayana und anderen Ländern des amerikanischen Kontinents gebaut. Die Bedingungen für den Anbau der Jute sind in dem dicht bevölkerten Ganges- und Brahmaputradelta so günstig, daß sich der Anbau dieser Pflanze in anderen tropischen und subtropischen Ländern, wo er versucht wurde (z. B. gedeiht die Jute in den Baumwolldistrikten Nordamerikas), wegen der Billigkeit der indischen Jute und der dadurch herbeigeführten Konkurrenz nicht recht lohnen kann. (Eine Überspannung der Preise könnte allerdings die Kultur der Jute auch in andern Gebieten oder die Anwendung von Ersatzstoffen lohnend gestalten.) Die nährstoffreichen Schwemmlandsböden des Hauptproduktionsgebietes, die durch jährliche Überschwemmungen noch bereichert werden, günstiges Wärme- und Regenausmaß während der Entwicklungszeit (Mai bis Juli) ermöglichen ein üppiges Wachstum, Becken von reinem warmem Wasser für die Wasserröste sind bis zur Erntezeit erhalten, der Wassertransport ermöglicht ein billiges Fortschaffen des Produktes, all dies ist eine so günstige Vereinigung aller Produktionsbedingungen, daß sich die Konkurrenz anderer Produktionsgebiete sehr schwierig gestaltet [A. Howard in Fruwirth (244, S. 245)].

C. olitorius, eine in Indien verbreitete Unkrautpflanze, wird in einem Teil von Bengal (in den Distrikten Faridpur, Nadia Hughli und Pabua) als Faserpflanze, gelegentlich aber als Gemüse gezogen, und zwar nicht nur in Indien, sondern auch in Ägypten, Arabien und Palästina. Ihre (allerdings geringe) Bedeutung als Faserpflanze verdankt sie nach Howard (244) wohl nur dem Umstand, daß ihre zwei frühen Formen vor der Überschwemmungszeit schnittreif sind. — Außer den

vier genannten Spezies von Corchorus, die alle kultiviert werden, kommen in Indien, ferner in Südamerika und Australien, noch andere Arten (etwa 30) dieser Gattung wildwachsend vor, die aber nicht zur Fasergewinnung dienen.

Die beiden als Jutepflanzen praktisch allein in Betracht kommenden Spezies der Gattung, nämlich *Corchorus caspularis* und *C. olitorius* sind, abgesehen von den Früchten, wenig unterschieden, und in den Heimatländern hält man sie eigentlich nicht auseinander. Man macht nur den Unterschied zwischen »Nalita«, welche Gemüse, und »Paat«, welche Fasern liefert. Jede der beiden Spezies bildet mehrere Varietäten, »weiße« und »rote« [Burkill und Finlow (110a) unterscheiden von *Corch. capsularis* und *C. olitorius* 33 Rassen]. Erstere haben grüne Blätter und Stengel, letztere rote Stengel und rote Blattrippen. Die grünstämmigen werden den rotstämmigen vorgezogen. Die beste Jutesorte »Uttariya« stammt von einer grünstämmigen (weißen) Spielart von *Corchorus capsularis* ab. Im allgemeinen stimmen die aus den Varietäten beider Spezies abgeschiedenen Fasern miteinander überein; tatsächlich wird auch im Handel kein Unterschied gemacht zwischen der von *Corchorus capsularis* und der von *C. olitorius* abstammenden Gespinstfaser [Semler (664)].

Die Jute gedeiht am besten in feuchten Gebieten der tropischen und subtropischen Zone, auch noch weiter nordwärts bis zum 36. Grad nördlicher Breite. In trockenen Gebieten wird die Faser hart und steif.

Die Kultur der Corchorus-Arten macht keinerlei Schwierigkeit. Die Aussaat der Samen erfolgt im April oder Mai, wenn anhaltender Regen den Grund stark durchfeuchtet hat. Im Juni oder Juli tritt die Blüte, im September oder Oktober die Fruchtreife ein. Wie bei Hanf, Flachs, Chinagras und wahrscheinlich allen basthaltigen Pflanzen nimmt die Festigkeit und Biegsamkeit der Bastfaser zur Zeit der Fruchtreife ab. Es findet eine Verholzung der Bastzellen statt und infolgedessen stellt sich eine große Sprödigkeit der Faser ein. Deshalb trachtet man die Jute vor dem Eintritt der Fruchtreife vom Felde zu bringen. Nach Semler ist es am rationellsten, zu ernten, wenn die ersten Früchte zu reifen beginnen. Vor beginnender Samenreife geerntete Faser ist nach Semler zu schwach, nach beendigter Samenreife gesammelte als Spinnfaser wertlos. Durch Schnitt erhält man ein besseres Produkt als durch Ausraufen der Pflanzen, weil beim Schnitt der geringstwertige Teil der Faser, der Fuß, auf dem Felde bleibt. Geringe Sorten (Dowrah) werden aus dem Boden gezogen (Semler). Man gewinnt dann nicht nur den »Fuß«, sondern auch die Wurzeln, welche noch Verwendung in der Papierfabrikation finden.

Die geschnittene oder aus dem Boden gezogene Jutepflanze läßt man nach Beseitigung der Blätter und Seitentriebe gebündelt 3—4 Tage auf dem Felde stehen. Es tritt hierbei ein »Welken« der Stämmchen ein, wodurch eine Abkürzung der späteren Röste ermöglicht wird.

Vom Felde gebracht, werden die Jutestengel einer Röste unterworfen. Diese ist nur selten, und zwar in höher gelegenen Gebieten, eine Tauröste, in der Regel eine Wasserröste. Die Bündel werden vielfach zuerst, im Wasser aufrechtstehend, 1—2 Tage einer Art Vorröste unterzogen und dann werden die Stengelbündel, mit Steinen beschwert, in klares, stehendes oder fließendes Wasser so aufgestellt, daß das Wasser etwa 10 cm über den Bündeln steht. Um den schädigenden Einfluß der direkten Besonnung hintanzuhalten, bedeckt man die Gruben mit Gras, Schilf und dergleichen. Je nach der Temperatur des Wassers dauert die Röste 3—30 Tage. Es ist namentlich in sehr heißen Gebieten erforderlich, Tag für Tag nachzusehen, ob die Röste vollendet ist, d. h. ob der sich mehr oder weniger stark zerfasernde Bast sich leicht von den übrigen Geweben der Stengel loslösen läßt. Die Abscheidung der Faser erfolgt durch Handarbeit, die selbst von Kindern mit großer Geschicklichkeit besorgt wird. Entweder wird der Stengel, auf dem Knie des Arbeiters liegend, zuerst geknickt, sodann ein Basstreifen mit der Hand abgehoben und hierauf die ganze Basthülle abgeschält, oder es wird eine Handvoll Stengel gegen eine Wasseroberfläche geschlagen, damit die Bastschicht gelockert wird, und dann wird nach der Trocknung der Bast abge-

zogen. Am häufigsten geschieht aber die Gewinnung des Bastes in der Weise, daß der Arbeiter auf die Stengel in der Wurzelgegend oder diese gegen die Kante eines Brettes schlägt, wobei sich eine Partie des Bastes loslöst. Er faßt dieses Stück und löst nun die Faser ihrer ganzen Länge nach vom Stengel ab. Die Faser wird dann in Wasser gewaschen, ausgewunden, auf Seilen zum Trocknen aufgehängt und vielfach noch zur Befreiung von Holzteilen durch Kämme gezogen.

In Formosa wird sofort von der geernteten Pflanze die Rinde abgezogen und sodann erst der Bast einer Röste unterzogen.

Trotz dieser höchst elementaren Gewinnungsweise ist die Jutefaser doch außerordentlich rein und so völlig vom Nachbargewebe befreit wie gehechelter Hanf oder Flachs. Durch die Röste wird nicht nur der Bast vom umliegenden Gewebe abgelöst, sondern es vollzieht sich auch gleichzeitig ein Zerfall der Bastbündel, so daß das Produkt nicht einen bastartigen, sondern einen mehr oder minder feinfaserigen Charakter erhält.

Die maschinelle Abscheidung der Jutefaser hat bisher zu keinem praktischen Resultat geführt.

Der Ertrag des Bodens an Jute ist zwei- bis fünfmal, nach einigen Angaben zehnmal so groß wie an Flachs oder Hanf. Der Ertrag wechselt allerdings nach Klima und Boden. (In Kalkutta rechnet man 5,6—11,3 dz Faser, in südlicheren Gegenden Indiens 22,5—34 q auf das Hektar.) Zweifellos ist die Menge, die der Boden an Jutefaser hervorbringt, sehr groß. Es liegt dies einerseits in der Höhe, die die Pflanze in der Kultur erreicht (bis 3 und 4 m und darüber), anderseits in der großen Bastmenge der Stengel.

Handel. Die Hauptmasse der Jute kommt aus Indien (Bengalen, Assam). Die größten Mengen werden von Kalkutta aus in den Handel gebracht. Deshalb führte die Jute auch im europäischen Handel zur Zeit der Einführung den Namen Kalkuttahanf, der aber außer Gebrauch gekommen ist. Die wichtigsten anderen Handelsplätze für Jute sind Dundee, London, Hamburg und Bremen. Für den Jutehandel des Kontinents sind die Bestimmungen der »London Jute Association« maßgebend.

Der Weg der Jute vom Produzenten zum Spinner oder zum Packer in Kalkutta ist oft infolge des sich dazwischen einschaltenden, manchmal nicht ganz lauteren Zwischenhandels [durch Aufkäufer (Paikar), Zwischenhändler (Bepari), kapitalliefernde Preßhausbesitzer (Mahajan) und Verkäufer (Aratdar), welch letztere die Ware an den Bazar in Kalkutta oder an Agenturen verkaufen] ziemlich kompliziert. Zur Ausschaltung dieses Zwischenhandels unterhalten Kalkuttaer Firmen Agenturen in den Anbaugebieten, die über eigene Lager- und Preßhäuser verfügen. Der Paikar (Baler) kauft die Jute von den Agenturen oder im Bazar, sortiert sie, läßt die Wurzelenden (20 % der Faserlänge) abhacken und preßt sie mittels hydraulischer Pressen zu sogenannten Pucca-Ballen (182 kg), die dann exportiert werden.

Handelssorten. In Indien unterscheidet man folgende Hauptsorten von Jute: Uttariyá (nördliche Jute), die beste Sorte, von der »weißen« Spielart von *Corchorus capsularis* abstammend, kommt von Rengpore, Goalpora, Bagra und den von Sirajganj nordwärts gelegenen Gebieten. Manchmal wird die beste Sorte (feine Faser von guter Farbe) auch als Serajganj-Jute bezeichnet. Sodann in absteigender Reihe: Narayanganj (gröberes Gefüge, ungleiche Farbe), Dacca (harte, spröde Faser, aber von reinem Farbton), Daisee (feine, aber braun gefärbte Faser aus der Nähe von Kalkutta), Dowra (grob-harte, kurze, gewöhnlich dunkelbraune Faser), Rejections (von den früher genannten Sorten ausgeschiedene feste, kurze, durcheinanderliegende Fasern) und Cuttings (die mittels Messer, Schere oder Schnippmaschine abgeschnittenen Wurzelenden des Stengels) geringste Sorte. In Europa gelten vornehmlich die Bezeichnungen: fine, medium, common, low, rejection (Ausschuß) und cuttings (Fußenden). Diese Fußenden, auch roots oder runners genannt, womit übrigens auch andere holzige Teile oder holzige Sorten der Jute bezeichnet werden, dienen in der Papierfabrikation, aber auch in großem Maßstabe zur Verfertigung sehr grober Säcke und ordinären Packtuchs.

Eigenschaften der Jute. Dimensionen. Die Jutefaser hat ge-

wöhnlich eine Länge von 1,5—2,5 m. Die größte Länge, die an der Handelsware bisher wahrgenommen wurde, betrug ungefähr 4,5 m. Früher kamen oft sehr kurzfasrige Sorten vor, die man von wildwachsenden Corchorus-Arten abgeleitet hat. Im ganzen liefert *C. capsularis* längerfasrige Jute als *C. olitorius*. Erstere Pflanze ist auch höher und schlanker. Der Stengel erreicht eine Höhe von 5 m, während der Stengel von *C. olitorius* höchstens 3 m hoch wird.

Die Breite der Fasern ist, je nachdem der Röstprozeß eine größere oder geringere Zerlegung der ursprünglichen Bastbündel in Fasern hervorrief, sehr wechselnd. Die vom oberen Stengelteil herrührenden Fasern sind feiner, also weniger breit als die vom unteren Stammende. Die im Mikroskop sichtbaren Breiten der Fasern betragen 30—140, im Mittel etwa 80 μ. Nur an den feinsten Jutesorten ist die Zerlegung des Bastbündels so weit fortgeschritten, daß einzelne Bastzellen zum größten Teil isoliert erscheinen.

Farbe. Frische Jute ist immer nur wenig gefärbt, sie zeigt nämlich eine weißliche, ins Flachsgelbe gehende Farbe. Die besten Sorten sind weiß mit einem Stich ins Gelbliche oder Silbergraue. Die Fußenden selbst der besten Jutesorten sind stets dunkler gefärbt. Manche Jutesorten ändern ihre Farbe nur wenig. Andere, und zwar die meisten Sorten, nehmen dagegen unter dem Einfluß der Atmosphäre, besonders bei längerer Einwirkung von Feuchtigkeit, eine tiefere Färbung an, die sich bis zu einem dunkeln Braun steigern kann. Diese Farbänderung zeigen solche Jutegewebe am deutlichsten, die lange im Gebrauche standen, z. B. Kaffee-, Baumwollsäcke aus Jute usw. Wenn man bedenkt, daß die von den untersten Stengelteilen herrührenden Faserpartien stets dunkler gefärbt sind als die übrigen, oft eine tiefbraune Farbe haben, während die von den oberen Stengelteilen stammenden fast farblos sind, und weiter erwägt, daß der Verholzungsprozeß, der der Bräunung stets vorangegangen ist, an jeder Pflanze von unten nach oben zu vorwärtsschreitet, so gewinnt die Annahme, daß die ungefärbten und im Gebrauche sich nur wenig färbenden Jutesorten von jungen, vor oder im Beginn der Fruchtreife geernteten Stengeln, die sich rasch bräunenden von älteren Stengeln herrühren, an denen die Früchte vielleicht schon zur Reife kamen, eine gewisse Berechtigung. Indes darf bei dem Umstand, daß die Jute des Handels von verschiedenen Rassen der beiden Corchorus-Arten herrührt, nicht übersehen werden, daß die Art der Stammpflanze diese Unterschiede ebenfalls bedingen kann. Geringere Jutesorten haben schon bei der Abscheidung stark ins Gelbe, Bräunliche und Rostbraune ziehende Farben. Die Farbe allein gibt aber nicht den Maßstab für die Qualität, sondern in erster Linie die Spinnbarkeit.

Glanz. Der Glanz der Jute ist spiegelnd, bei guten Sorten fast seidenartig. Schon dadurch unterscheidet sich die Jute vom Flachs, der nie so stark spiegelt, und vom Hanf, der nur in wenigen Spielarten (Sorten von italienischem Hanf) glänzend ist, aber nie so stark wie gute Jute. Geringere Sorten haben weniger Glanz. Je glänzender die Jutefaser ist, desto besser ist sie. Es besteht ein inniger Zusammenhang zwischen Farbe und Glanz einerseits und der Festigkeit andrerseits, worauf später noch zurückzukommen sein wird.

Geruch. Die rohe Jute hat einen eigentümlichen, jedoch nicht so intensiven und unangenehmen Geruch wie der Hanf. Jutegarne und Jutegewebe riechen häufig unangenehm. Dieser Geruch rührt aber nicht von der Faser, sondern vom Tran (Robbentran) her, mit dem die Faser, um sie leichter verspinnen zu können, eingefettet wird. Dieser Geruch ist aber nie so stark, daß er Jutesäcke zur Verpackung von Mehl untauglich erscheinen läßt. Bedenklicher ist es, wenn die Jutegarne mit Petroleum [Pfuhl (545) I, S. 75] eingefettet werden; dann sind, wenn auch dadurch die Festigkeit der Faser etwas erhöht wurde, aus derartigen Garnen gewebte Stoffe zur Verpackung von Nahrungsmitteln kaum geeignet.

Hygroskopizität, Wasser- und Aschengehalt. Die Jute ist in nicht geringem Grad hygroskopisch und enthält bei mäßig trockner Luft häufig 6—8 % Wasser. Der Wassergehalt steht aber in bestimmter Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit. Über diesen in prak-

tischer Beziehung wichtigen Gegenstand hat Pfuhl (545) I, S. 81, eingehende Untersuchungen angestellt, welche ergaben, daß bis zu 71 % relativer Luftfeuchtigkeit der Wassergehalt der Jute sich proportional steigert. Bei diesem Wassergehalt der Luft enthält die Faser 14 % vom Trockengewicht an Wasser. Über die genannte Luftfeuchtigkeit hinaus steigt der Wassergehalt der Faser sehr stark, indem bei 98 % Luftfeuchtigkeit von der Faser 32, bei 100 % (im wasserdampfgesättigten Raume) 34,25 % Wasser aufgenommen werden. Nach Pfuhls Vorschlag soll für den Handel mit Jute ein Wassergehalt von 14 % zugrunde gelegt werden.

Nach H. Sommer (673) zeigt entgegen den Ergebnissen von Pfuhl die Jutefaser am Wurzelende einen höheren Gehalt an hygroskopischer Feuchtigkeit als am Kopfende.

Bezüglich des Feuchtigkeitsgehaltes der Jutegarne betonen sowohl P. Krais (426) als auch H. Sommer die Unmöglichkeit einer Konditionierung.

Die Aschenmenge der völlig getrockneten Jute ist nicht nur bei den einzelnen Sorten, sondern auch bei der einzelnen Juteriste in Abhängigkeit von der von unten nach oben abnehmenden Verholzung etwas verschieden. Wiesner gibt die Aschenmenge mit 0,9—1,75 % an, Sommer hat bei einer stark verholzten, minderen Sorte am Wurzelende 2,64 % und am Kopfende derselben Riste 1,85 % festgestellt. Die Asche ist kristallfrei.

Das spezifische Gewicht der Jute beträgt nach Pfuhl (545) I, S. 80 (bei 7 % Wassergehalt und bezogen auf 4° C) 1,436. Das spezifische Gewicht ist am Kopfende der Rohjute ganz wenig größer als am Wurzelende [Sommer (673)].

Die Festigkeit der rohen Jute wurde von Pfuhl bestimmt; er hat gefunden, daß die größte Reißlänge (für die Einspannlänge = 0) 34,5 km beträgt (polnischer Hanf ergab 52 km), die allerdings bei Vergrößerung der Einspannlänge bedeutend abnimmt. Geringe Sorten von Jute haben aber oft beträchtlich geringere Reißlängen. Berechnet man diese für eine Einspannlänge von 10 mm, so kommt die Jute an Festigkeit dem Flachs und der Baumwolle nahe, wird aber vom Hanf weit übertroffen.

Beim gleichzeitigen Einspannen mehrerer Faserbündel hat H. Sommer (672) eine viel geringere Festigkeit bzw. Reißlänge konstatiert als beim Zerreißen einzelner Faserbündel, das ähnliche Werte wie die Pfuhlsche Substanzfestigkeit (bei Einspannlänge = 0) ergab.

Die Festigkeit der Jutefaser ist aber am Kopf- und Wurzelende nicht gleich (am Wurzelende etwas höher als am Kopfende), dann spielen aber auch noch Sorte und Ernteausfall eine Rolle, wie G. v. Iterson gezeigt hat [Sommer (672), Frenzel (238)].

Unter der Einwirkung des Lichtes zeigt die Jutefaser Vergilbung und Abnahme der Festigkeit, die beide dem zerstörenden Einfluß der ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes zugeschrieben werden. Bei Belichtung von Jutefaser mit einer Quecksilberdampf-Quarzlampe ergab sich nach einstündiger Belichtung eine Festigkeitsabnahme von 13,5 %, nach zweistündiger um 22,5 % und nach zwölfstündiger Belichtung eine solche Abnahme um 50 % [Sommer (672)].

Mikrochemisches Verhalten der Jute. Über die chemische Beschaffenheit der Jute ist bereits früher (S. 414 und 416) das Wichtigste mitgeteilt worden. In Beziehung auf die mikroskopisch-chemische Untersuchung ist zunächst auf die wichtige Eigenschaft, nämlich auf die starke Verholzung der Jutefaser hinzuweisen. Durch die Verholzung erklären sich eine Reihe von Eigenschaften der Jute (so z. B. das Morschwerden des Faserstoffs, das Aussehen während des Gebrauchs infolge der Brüchigkeit, das Vergilben unter der Einwirkung des Sonnenlichtes usw.). Der Grad der Verholzung ist aber nicht nur etwas nach der Sorte verschieden, sondern zeigt auch Unterschiede in den einzelnen Partien ein und desselben Stengels, da der Verholzungsprozeß einer jeden Pflanze unten zuerst einsetzt und dann nach oben fortschreitet und somit der Grad der Verholzung vom Wurzelende zum Kopfende der Juteriste abnimmt [Sommer (673)].

Mit der Verschiedenheit in der Verholzung ein und derselben Juteriste hängt die bereits besprochene Verschiedenheit

des Aschengehaltes, des spezifischen Gewichts und der Faserfestigkeit in den verschiedenen Stengelteilen zusammen.

Alle Jutesorten nehmen unter Einwirkung von Anilinsulfatlösung intensiv goldgelbe bis orangegelbe Farbe an, Jodjodkaliumlösung färbt sie ebenfalls goldgelb. Alle Jutesorten werden durch Jodlösung goldgelb gefärbt. Auf Zusatz von Schwefelsäure wird die Färbung dunkler gelb bis braun. An einzelnen Stellen, besonders an den Enden, färbt sich die Faser etwas bräunlich grün. Wird die Jute mit verdünnter Chromsäure oder mit Kalilauge vorbehandelt, so nimmt sie durch Jod und Schwefelsäure eine schöne blaue Farbe an. Kupferoxydammoniak färbt die unveränderte Jutefaser bläulich und bringt sie zur schwachen Quellung. Wird dagegen die Faser so behandelt, daß sie durch Jod und Schwefelsäure gebläut würde, so wird sie durch Kupferoxydammoniak nach starker Aufquellung ohne Rückstand in Lösung gebracht.

In einem Gemisch von Eisenchlorid- und Ferrozyankaliumlösung nimmt die Jutefaser nach Cross und Bevan eine tief indigoblaue Farbe an (Berlinerblaureaktion, vgl. auch S. 433).

Im gebleichten Zustand zeigt die Jute alle mikrochemischen Eigenschaften der reinen Zellulose.

Mikroskopische Kennzeichen. Die Jutefaser besteht auch als Rohfaser fast nur aus Bastzellen. Nur sehr selten können noch Reste daranhängender Parenchymzellen festgestellt werden. Diese stark verholzten Bastzellen sind nach Wiesner 0,8—4,1 mm lang [nach Höhnel (374) 1,5—5 mm] und meist 15—25 μ (im Mittel meist 20 μ) breit. Wiesner gibt die Breite der Faser von *Corchorus capsularis* mit 10—21 μ, meist 16 μ und von *Corchorus olitorius* mit 16—32 μ, meist 20 μ an. Im Querschnitt erscheinen die in Bündeln auftretenden Bastzellen scharfkantig bis ganz schwach abgerundet polygonal, vier- bis sechsseitig und zeigen ein rundliches oder ovales Lumen, das bei manchen Sorten bei den einzelnen Elementarfasern des Bündelquerschnittes ziemlich auffallende Unterschiede in der Breite zeigt und bei anderen Sorten wieder keine in die Augen springenden Differenzen aufweist. Die Mittellamelle ist in den Querschnitten deutlich zu sehen, doch besteht die Mittellamelle Höhnels (374) aus der eigentlichen Mittellamelle und aus der primären Membran. Nach Höhnel sind die Lumina der Fasern fast so breit oder breiter als die Wandung, während Horst (384) nach seinen Beobachtungen an anderen Sorten angibt, daß sie in den häufigsten Fällen schmäler, und zwar häufig erheblich schmäler als die Wandung sind. In der Längsansicht zeigen die isolierten Bastzellen, daß ihre Membran an verschiedenen Stellen verschieden stark verdickt ist, daß also die Breite des Lumens im Längsverlauf bei einer und derselben Zelle wechselt.

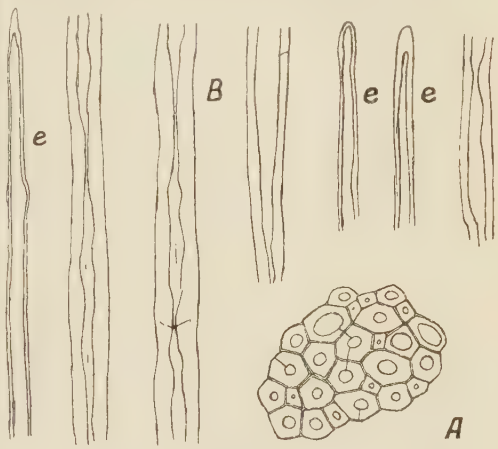


Abb. 53.
Jutefasern. *A* Querschnitt durch ein Bastbündel, *B* Längsansicht, *e* Enden. Vergr. 300.

Die eben hervorgehobene ungleichförmige Verdickung der Zellwände der Bastzellen ist aber durchaus nicht ausschließlich der Jute eigentümlich; sie kann noch an den Bastzellen von *Abelmoschus tetraphyllos, Urena sinuata, Hibiscus cannabinus, Thespesia macrophylla, Holoptelea integrifolia* und *Kydia calycina* konstatiert werden. Hin und wieder sind an einzelnen Fasern mechanische Beschädigungen in Form von Verschiebungen zu bemerken.

Die Enden der Bastzellen der Jute stimmen nicht vollständig überein, wie aus den verschiedenen Angaben der einzelnen Mikroskopiker hervorgeht. Höhnel gibt sie als weitlumig, dünnwandig, selten stärker verdickt an, während ich selbst sie häufig bald rund, bald ziemlich spitz zulaufend mit stark verdickter, etwas abgerundeter Spitze feststellen konnte.

Die Jutefaser wird in den Heimatländern der Stammpflanze seit alter Zeit zur Herstellung von Stricken, Seilen und Geweben verwandt. Die besseren Sorten der Gewebe führen in Bengalen den Namen Megila; die geringeren, die nur als Packleinwand benutzt werden können, nennt man dort Tat oder Choti. Eine sehr große Menge Jute wird in Indien zur fabrikmäßigen Herstellung der Gunnysäcke verwendet, die in der ganzen Welt bekannt sind und vorzugsweise zur Verpackung der amerikanischen Baumwolle und des javanischen Kaffees dienen. Die zur Herstellung dieser Säcke dienenden Gunnytücher (gunny cloth) werden jedoch nach Royle auch aus Sunn (Faser der *Crotalaria juncea*) gewoben, der in Madras Goni genannt wird, von welchem Wort auch der Name Gunny hergeleitet wird.

Die nach Europa und Nordamerika gebrachte Jute wird fast gänzlich im ungebleichten Zustand versponnen, und zwar zu groben Zeugen, die zur Verpackung von Getreide, Mehl, Hopfen, Wolle, Kohle, Salz, Chilesalpeter, Erzen usw. verwendet werden. Die groben Säcke werden nach der Bezeichnung der großen schottischen Spinnereien Sackings und Baggings, die feineren Hessians genannt. Die Jute läßt sich auch bleichen, aber schwerer als Hanf und Flachs. Gebleichte Jutegewebe werden in Dundee erzeugt. Sie unterscheiden sich von gebleichten Hanfgeweben durch einen starken fast seidenartigen Glanz. Gegenüber Flachs und Hanf zeigt Jute ein größeres Aufnahmevermögen für Farbstoffe.

Gefärbt oder ungefärbt dienen bessere Jutegewebe zur Verfertigung von Teppichen, Läufern, Tischdecken, Vorhängen u. dgl. Jutegarne werden heute bereits vielfach wie Baumwollgarne benutzt oder als Kette mit Baumwolle, Wolle und Flachs verwebt und zu Hosenstoffen, Möbelrips, zu Gurten, Dochten usw. verarbeitet. Farbig bedruckte Jutegewebe besserer Qualität (Hessians) dienen zu Dekorationszwecken. Sehr effektvoll sind Juteplüsche mit Baumwolle als Grundgewebe. Asphaltierte und mit Sand bestreute grobe Jutegewebe benutzt man zu Dacheindeckungen.—Mit Karbolsäure, Salizylsäure und anderen antiseptischen Substanzen imprägniert, findet die Jute als Phenyljute, Salizyljute usw. Verwendung in der Heilkunde. Aus Abfällen von Jute und aus Abfällen und Werg von Flachs und Hanf wird eine spinnbare Faser (Kosmosfaser) abgeschieden, die, mit Wolle gemischt, zu geringen Wollstoffen verarbeitet wird. Auch Brennessel-, Besenginsterfaser, Flachs- und Hanfabfälle und Hopfenfaser sollen zur Kosmosfaserer-zeugung verwertet werden.

Zur Kotonisierung im eigentlichen Sinn eignet sich Jute infolge der Kürze der Elementarfasern nicht. Doch gibt es verschiedene Verfahren, um Jutefaserbündel weiter zu zerlegen, durch zweckentsprechende Behandlung zu veredeln und dann als Spinnstoff wieder zu verwerten.

8. **Böhmeriafasern: Ramie oder Chinagras.** Alle Nesseln sind reich an Bast; die Bastzellen ihrer Stengel sind zudem verhältnismäßig lang, fest und dauerhaft, nämlich widerstandsfähig an der Luft und im Wasser. Dies ist die Ursache der vielen Bestrebungen, die Bastfasern der Nesseln zu textilen und verwandten Zwecken nutzbar zu machen.

Über die Verwertung der einheimischen gemeinen Nessel (*Urtica dioica*) als Faserpflanze wird später gesprochen werden. Hier soll nun eine außereuropäische Nesselfaser besprochen werden, die als Chinagras oder Ramie in die europäische Industrie Eingang gefunden hat.

Diese Faser stammt von einer oder, nach der Auffassung einiger Botaniker, von zwei Arten aus der Gattung *Boehmeria*. Alle *Boehmeria*-Arten unterscheiden sich von den eigentlichen Nesselarten und von manchen anderen Urticaceen dadurch, daß sie keine Brennhaare besitzen.

Wenn nun zwei verschiedene Rassen einer und derselben Spezies oder nach anderer in neuerer Zeit wieder hervortretender Auffassung zwei verschiedene Arten die Fasersorte, welche hier besprochen werden soll, liefern, so ist wohl von vornherein anzunehmen, daß diese keine absolut identische Faser liefern werden. Die Unterschiede dieser Fasern sind aber tatsächlich so gering, daß in der Praxis darauf keine Rücksicht genommen wird. Wir fassen sie als Ramie zusammen, welcher Name sich in der europäischen Industrie am meisten eingebürgert hat.

Der anfangs in Europa oft für diesen Faserstoff benützte indische Name »Rhea« ist daselbst nicht mehr in Verwendung, wird aber in Indien (besonders in Assam) noch gebraucht. Andere Namen für Ramie sind: chu-ma oder tschu-ma (China), pama (Cochinchina), kankura (Bengalen), gun (Burma), karamushi (Japan), pulas (Sumatra) und Rameh (malaiisch). Siehe hierüber Watt (749), 1908, S. 144; Royle (598); Dodge (187).

Nach Mitteilung der Ersten Deutschen Ramiegesellschaft in Emmendingen ist im Handel jetzt der Ausdruck »Chinagras« auf das Rohprodukt beschränkt, während die Fabrikate als Ramie bezeichnet werden.

Wiesner scheint es am richtigsten, *Boehmeria nivea* in der von Hooker und Arnott gegebenen Begrenzung als Stammpflanze der Ramie zu betrachten und von dieser zwei Rassen zu unterscheiden, a) *Boehmeria nivea forma chinensis* (die weiße oder chinesische Nessel, ramie blanche der französischen Kolonisten = *Boehmeria nivea* Gaud.) und b) *Boehmeria nivea forma indica* (die grüne Ramie, ramie verte der französischen Kolonisten = *B. utilis* Bl. = *B. candicans* Hassk. = *B. tenacissima* Gaud. = *Urtica tenacissima* L.). Als *Boehmeria candicans* wurde auch manchmal irrtümlich *Laportea canadensis* Gand. bezeichnet. Nach Wiesner ist für die europäische Industrie die erste von entschieden größerer Bedeutung und für die Herstellung feiner Gespinste ausschließlich in Verwendung.

Diese beiden Rassen sind habituell und geographisch verschieden. Die erste besitzt Blätter, die infolge reichlicher Behaarung unterseits schneeig weiß sind, die Blätter der letzteren sind unterseits grünlich, aber an den Nerven mehr oder weniger weißlich behaart, deshalb der Art- bzw. Varietätname candicans.

Beide Rassen sind im Osten Asiens verbreitet; während aber die erste dem gemäßigten bis subtropischen Ostasien angehört und in China seit alter Zeit kultiviert wird, liegt die Verbreitung der letzteren hauptsächlich im indischen Gebiet gehört und in China seit alter Zeit kultiin Kultur steht. Doch scheinen sich beide Formen im subtropischen Gebiet zu berühren.

Auch die populären Namen der Ramiefaser deuten vielfach auf die geographische Verschiedenheit der beiden Rassen hin. Die Varietät chinensis heißt in China tschou-ma (chou-ma), in Japan mao. Die Engländer nennen die Ramiefaser China grass; anfänglich galt dieser eigentlich wenig gerechtfertigte Name für das chinesische Produkt, jetzt wird auch das indische Produkt in England so bezeichnet. Die Varietät indica hat in den Heimatländern die schon oben angeführten Namen. Seit Einführung der Boehmeriafaser in die europäische Industrie haben die Namen des Spinnstoffs, wie bereits erwähnt wurde, verschiedene Wandlungen erfahren. Auf dem Kontinent hat man anfänglich die Faser der Rasse nivea China grass, und die der Rasse indica Ramie genannt. Später war es vielfach Gebrauch, die letztere Rhea zu nennen.

In ihren Heimatländern werden beide Rassen der *Boehmeria nivea* seit uralter Zeit, besonders in China [hauptsächlich in der Provinz Kiarsi (Kirassi)], ferner in Japan, in Indien und auf dem Archipel kultiviert, und es wird sowohl der aus den Stengeln dieser Pflanzen abgeschiedene Bast als auch die feine Bastfaser verwendet, ersterer zu Seilerarbeiten, letztere als Spinnfaser. Nachdem die Boehmeriafaser in die europäische Industrie Eingang gefunden hat, war man bestrebt, die Ramiepflanze in den Tropen, im subtropischen Gebiete, ja selbst in der gemäßigten Zone zu kultivieren. Ramie wird gebaut in Britisch-Indien, auf Martinique und Guadeloupe, auf Jamaika, Trinidad, Mauritius, Réunion, in Australien (Queensland), in Algier, Ägypten. Mit großer Energie wurde seinerzeit die Anpflanzung der Ramie im deutschen Kolonialgebiet, besonders in Kamerun angebahnt [Schulte im Hofe (640); Gürke (267)], desgleichen in den Straits Settlements und auf Sumatra. Auch in den Vereinigten Staaten (New-Orleans), in Brasilien (Sta. Catharina), Mexiko usw. wurden vielfach Anbauversuche gemacht, sogar in Europa (Spanien, Italien, Frankreich usw.). Doch viele dieser Versuche sind mißlungen. Auf den Anbau der Ramiepflanze auf Sumatra hatte man große Hoffnungen gesetzt, doch wird nach Iterson (391) von Nieder-

ländisch-Indien kein Chinagras ausgeführt und die Pflanze von den Eingeborenen nur in kleinem Maßstab kultiviert. Japan erzeugt heute wenig Ramie.

Über die Produktionsgebiete von Ramie s. F. Michotte (494, 2. Aufl.) S. 42—87.

Kultur der Ramiepflanze. Von großer Bedeutung für Menge und Qualität der Ramiepflanze ist die Art der Kultur des zur Fasergewinnung verwendeten Gewächses. Es wird sowohl die »weiße« Ramiepflanze« (*Boehmeria nivea forma chinensis*) als auch die grüne Ramiepflanze (*Boehmeria nivea forma indica*) zur Anpflanzung verwandt. Für die gemäßigten und subtropischen Gebiete ist die erstere, für das tropische Gebiet die letztere geeignet. Nach Semlers (664, III) Meinung ist im allgemeinen die letztere vorzuziehen, was für das tropische und subtropische Gebiet gewiß seine Richtigkeit hat. In trocknen Gebieten gedeiht die Ramie nicht oder liefert keine brauchbare Faser. Nur in genügend feuchten Gegenden und auf nährstoffreichem, tiefgründigem, gut durchlüftetem Boden ist auf reichen Ertrag und gute Faser zu rechnen. Zur Anpflanzung können Samen, Wurzeln (Wurzelstöcke) oder Stecklinge (von ausgereiften Stengeln herrührend) benutzt werden. Die zur Kultur benutzten Samen müssen frisch sein und dürfen nicht untersinken. Wählt man Wurzeln zur Vermehrung, so hat man auf deren »Reife« zu achten. Sie sollen von 3—4 jährigen Pflanzen herrühren. Zur Vermehrung werden die knolligen Teile der Wurzel gewählt, die mit »Augen« (Knospen) besetzt sind. Die Samenkultur ist weniger vorteilhaft, da man erst im dritten oder vierten Jahr schnittreife Stengel bekommt. Die Ramiepflanzen bleiben auf gutem Boden 20—25 Jahre hindurch ertragreich, doch muß mit starker Düngung nachgeholfen werden. Die Triebe sind gegen das Ende der Blütezeit schnittreif. Es sollen jährlich 3—6 Ernten gemacht werden können. In Algier und in China werden nur drei Ernten vorgenommen, und in Bengalen sollen 4—5 Schnitte vorgenommen werden. Für Japan gibt F. Michotte [(494) 1925] nur zwei Schnitte an.

Auf dem Ramiekongreß in Paris (1900) hat man den Ertrag eines Hektars auf 400 000 Stengel geschätzt (andere Angaben lauten aber nur auf etwa die Hälfte, andere aber auch noch auf größere Erträge) und jeder Schnitt soll 800 kg vollständig degummierter Faser geben. Bei vier Schnitten würde man also im Jahr pro Hektar 3200 kg Faser erzielen. Das Ergebnis an degummierter Faser ist in verschiedenen Erzeugungsgebieten und wohl auch je nach der Leistungsfähigkeit der angewandten Maschinen recht verschieden. Für China gibt Michotte 350 kg für Schnitt und Hektar an, für Algier aber für Pflanzen besten Wachstums 1500—2000 kg. Das Jahresergebnis ist also für 1 ha in China etwa 1050 kg Faser, für Algier 4000—7000 kg.

Die Gesamterzeugung von Ramie gibt Michotte [(494) S. 117] für die Zeit vor 1914 mit 15 000—20 000 t an, ein im Vergleich zur damaligen Weltproduktion an Baumwolle (4 205 000 t), Jute (1 550 000 t), Flachs (716 000 t), Hanf (700 000 t) überraschend geringes Ergebnis, das wohl die Ansicht Michottes, daß Ramie die Baumwolle und vielleicht auch Jute und Flachs ersetzen oder wenigstens ernstlich mit ihnen in Wettbewerb treten könnte, etwas zu optimistisch erscheinen läßt.

Gewinnung der Faser. Aus den Boehmeriastengeln wird Rohfaser (Bast) und Spinnfaser abgeschieden. Die Gewinnung des rohen Bastes erfolgt oft noch nach der alten chinesischen Methode, die in einer mechanischen Ablösung des Bastes durch Handarbeit und Reinigung von Nebenbestandteilen durch Abschaben besteht. In neuerer Zeit sind verschiedene andere Methoden der Rohfasergewinnung in Vorschlag gebracht und mit größerem oder geringerem Erfolge in die Praxis eingeführt worden. Einzelne dieser Verfahren beruhen darauf, daß man die entblätterten Stengel mit warmem Wasser, Dampf oder Aschenlauge vorbehandelt, die dünne Rinde mit der Hand abreibt und die Faser, wie bei der Jutegewinnung, mit der Hand abzieht. Andere Verfahren ersetzen die Handarbeit durch Maschinen, indem die unter Wasser tauchenden entblätterten Stengel zwischen gerieften Walzen durchgezogen werden oder indem man die grün geschnittenen Stengel nach Vorbehandlung in Wasser an der Sonne trocknen läßt und dann auf

der Maschine die Faser abscheidet. Der von Herbert J. Bocken erfundene Ramieentholzer »Aquiles« soll zwar allen Anforderungen entsprechen, aber trotzdem scheinen noch nicht alle Schwierigkeiten überwunden zu sein, um rasch und leicht an Ort und Stelle die Stengel zu entholzen, was für eine weitergehende Verwendung der Faser in der Textilindustrie notwendig wäre. Michotte [(494) 2. Aufl.] empfiehlt die von ihm konstruierte Maschine zur Entrindung der Stengel im grünen Zustand.

Nach den erwähnten Gewinnungsmethoden erhält man nur Rohfaser, einen nur sehr unvollständig zerlegten Bast von hoher Festigkeit, der als solcher wohl zu Seilerwaren, nicht aber zu textilen Zwecken geeignet ist.

Um eine Spinnfaser zu erhalten, muß die Rohfaser kotonisiert werden. Über das Kotonisierungsverfahren ist wenig bekannt geworden; die chinesische Methode wird so gut wie geheimgehalten, und auch über die in Europa geübten Verfahren dringt wenig in die Öffentlichkeit. Wahrscheinlich beruht das Kotonisieren auf einer Mazeration mit Alkalien und auf einer nachträglichen Bleichung der Faser oder der Gespinste bzw. Gewebe.

Es wird vielfach angegeben, daß durch das Kotonisieren allein schon jene Weiße der Ramiefaser erzielt wird, wodurch sie das Auge so sehr besticht. Es scheint aber, daß diese Weiße doch erst durch eine nachträgliche Bleichung erzielt wird. Nach einer Mitteilung, die Wiesner der Direktion der Emmendinger Ramiegesellschaft verdankte, ist »das vom Pflanzenleim befreite (also aus isolierten Bastzellen bestehende) Fasergut« braun gefärbt und erhält seine rein weiße Farbe erst durch nachträgliche Bleichung.

Ehe in die Charakteristik der Rohfaser der kotonisierten Faser eingegangen wird, scheint es zweckmäßig, die anatomischen Verhältnisse des Stengels der *Boehmeria nivea* Hook. et Arn. nach Wiesner in Kürze darzulegen.

Man muß hierbei wohl zunächst auf das primäre Entwicklungsstadium des Stengels achten, wo die Gewebebildung vom Vegetationspunkt ausgeht und als Hautgewebe eine unmittelbar aus dem Dermatogen hervorgehende Oberhaut den Stengel bedeckt. Die Oberhaut besteht aus kleinen, vierseitigen, in der Richtung des Stengels etwas gestreckten, platten Zellen, die zwischen sich einzellige, unabgegliederte, aber auch gewöhnlich kleinere, abgegliederte Haare aufnehmen (Abb. 54). In diesem Entwicklungsstadium schließt an die Oberhaut unmittelbar ein Kollenchym an (Abb. 54, 55 *c*). Unter diesem Kollenchym liegt, dem Innern des Stammes zugewendet, ein kleinzelliges Parenchym, dessen Elemente teils Chlorophyllkörner, teils Kristallaggregate von Kalziumoxalat führen (Abb. 54 *p*). Erst hinter diesem Gewebe

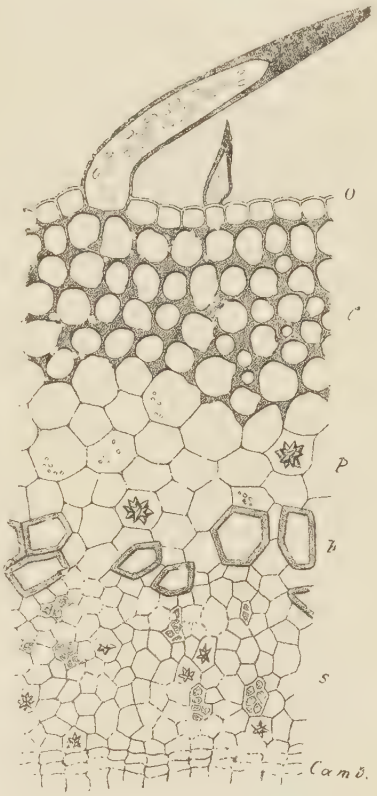


Abb. 54.
Stück eines Querschnittes des noch im primären Entwicklungsstadium befindlichen Stengels von *Boehmeria nivea*. Oberhaut mit von der Oberhautzelle nicht abgegliederten Haaren. (Die Basis des kleineren Haares ist durch eine Oberhautzelle, über der dieses Haar zu stehen scheint, gedeckt.) *C* Kollenchym. *P* Rindenparenchym mit Chlorophyllkörnern und Kalziumoxalatkristallen. *b* Bastzellen (noch unausgereift). *s* Siebteil des Gefäßbündels, gleichfalls kristallführend. *Camb.* Kambium. Vergr. 450.

kommt der Bast zu liegen, dessen Zellen (*b*) sich auf dem Querschnitt durch außerordentliche Größe bemerklich machen. Nunmehr folgt der Siebteil des Phloems und das Kambium. Hieran schließt sich gegen die Achse des Stammes zu der Holzkörper, der für uns aber kein weiteres Interesse hat. Das sekundäre Entwicklungsstadium der Stengel gibt sich dadurch schon für das freie Auge zu erkennen, daß an der Oberhaut bereits Lentizellen in Form mattbrauner Fleckchen auftreten. Auf dem Querschnitt erkennt man, daß unter der Oberhaut sich ein Phellogen (Abb. 55 *ph*) eingeschoben hat, das aus den peripheren Zellen des Kollenchyms hervorgegangen ist. Aus diesem Phellogen geht bald ein Periderm hervor (Abb. 56 *p*). Nunmehr erscheint die Oberhaut vertrocknet, und die ebenfalls eintrocknenden Haare sind zumeist nicht mehr deutlich erkennbar. Die Epidermis wird endlich ganz abgeworfen und der Stengel erscheint nunmehr nur vom Periderm bedeckt. Im übrigen bleibt die Anordnung der Gewebe dieselbe wie im primären Entwicklungsstadium. Der schnittreife Stengel befindet sich in seinem oberen Teil noch im primären Entwicklungsstadium, ist also noch von der primären Oberhaut bedeckt; der untere Teil ist aber mehr oder weniger vollständig in den sekundären Entwicklungszustand übergegangen und das sekundäre Hautgewebe ist entweder durch Phellogen oder durch dieses und Periderm vertreten. Die Bastzellen sind in diesem sekundären Entwicklungsstadium der Stengel im Durchschnitt beträchtlich dickerwandig als im primären. Ihre Zellwände sind geschichtet, porenlos. Hin und wieder hat es bei Betrachtung der technischen Faser den Anschein, als wenn der Länge nach oder schräg verlaufende spaltenförmige Poren in der Zellwand der Bastzellen vorhanden wären (Abb. 57 und 58); es scheinen dies aber Spalten zu sein, die bei den

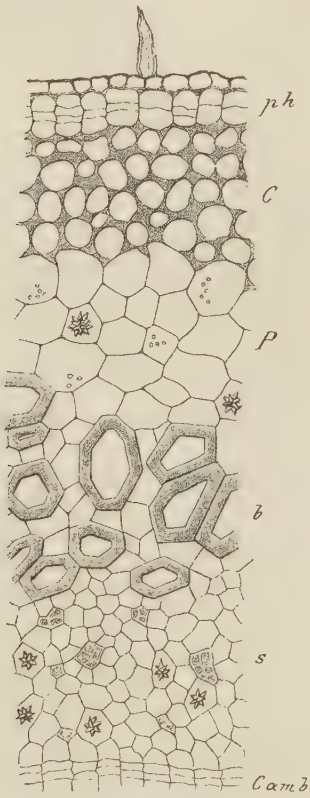


Abb. 55.
Stück eines Querschnittes des schon im Dickenwachstum befindlichen Stengels von *Boehmeria nivea*. Oberhaut samt Haar schon in Vertrocknung begriffen, darunter das Phellogen *ph*. *C*, *P*, *s*, *Camb.*, wie in Abb. 54. *b* in Verdickung begriffene Bastzellen. Vergr. 400.

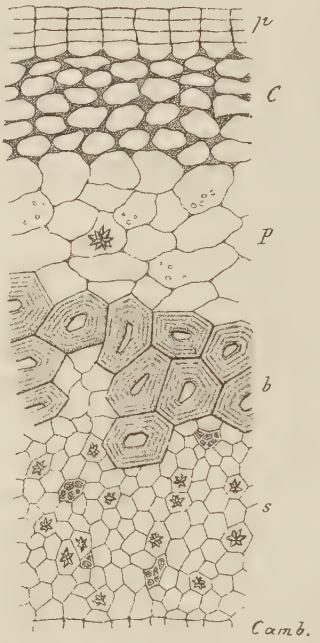


Abb. 56.
Stück eines Querschnittes durch einen schnittreifen Stengel von *Boehmeria nivea*. *p* Periderm. *b* reife Bastzellen. *C*, *P*, *s*, *Camb.*, wie in Abb. 54.

mechanischen Angriffen der Faser erst entstanden sind. Die Bastzellen geben direkt die Zellulosereaktionen und sind unverholzt. Im Inhalt der Bastzellen erscheinen nicht selten kleine Stärkekörnchen (Abb. 59 *st*), ein für Bastzellen seltener Fall. Auf das mikroskopische Verhalten der Bastzellen, die ja den Hauptbestandteil der rohen Ramie bilden und die kotonisierte Faser allein zusammensetzen, wird weiter unten näher einzugehen sein. Die Vereinigung der Bastzellen zu Bündeln ist im Stengel der Pflanze häufig sehr unvollständig (Abb. 54 *b*), was zu der irrigen Auffassung geführt hat, daß die Bastzellen hier isoliert auftreten und gar nicht zu Bündeln vereinigt seien.

Rohfaser. Diese entspricht im wesentlichen dem mehr oder weniger stark in seine fasrigen Bestandteile zerlegten Bast der Ramiestengel. Sie ist im ganzen mehr bandartig als fasrig und besitzt eine weißliche bis lichtbräunliche, nicht selten infolge des Auftretens von Chlorophyllresten ins Grünliche ziehende Farbe. Der mikroskopische Charakter der rohen Ramie wird verständlich, wenn man den anatomischen Bau der Rinde des Ramiestengels beobachtet. Als Rohfaser tritt nämlich niemals bloß der Bast (*b* in den drei obigen Abbildungen) auf, sondern auch Reste vom Rindenparenchym (*P*), manchmal Kollenchym (*c*), parenchymatische Bestandteile des Phloems (*s*), ja sogar hin und wieder selbst noch Siebröhren. Es wird nunmehr das Auftreten von Chlorophyll- und von Kalziumoxalatkristallen in den Rohfasern verständlich sein. In der Asche finden sich diese Kristallisationen, in Kalk oder kohlensauren Kalk umgewandelt, mehr oder weniger reichlich vor. Die Rohfaser zeigt bei Anwendung der Holzstoffreagenzien höchstens Spuren von Verholzung. Bei der mikroskopischen Untersuchung der Rohfaser findet man in den Bastzellen entweder noch unveränderte Stärkekörnchen, oder diese sind infolge der Zubereitung halb oder ganz verkleistert und erscheinen als ein ungeformter Wandbelag, der durch wässrige Jodlösung violett oder blau gefärbt wird (Abb. 59 *c, d, ST*). Die Zellmembranen mancher Bastzellen werden gleichfalls durch Jod violett oder blau gefärbt (s. unten bei kotonisierten Ramiefasern).

Die rohe Ramiefaser ist durch außerordentliche Festigkeit und Zähigkeit ausgezeichnet. Nach Zerreißversuchen von G. Arton ertragen Fäden von Ramiefasern, die aus einer bestimmten Anzahl von Fasern angefertigt werden, eine doppelt so große Belastung wie Fäden aus reinem Hanf guter Qualität, die aus derselben Anzahl von Fasern hergestellt wurden. Die Versuche, die über die absolute Festigkeit der Ramiefaser im englischen Marinearsenal ausgeführt wurden, ergaben, daß die Faser 2—3 mal so fest ist wie russischer Hanf (Österr. Monatsschrift f. d. Orient, 1881, S. 181). Nach von Alcan [siehe Schulte im Hofe (640)] herrührenden Versuchen verhält sich die Tragfähigkeit von Ramie, Flachs, Hanf und Baumwolle wie 1 : 0,25 : 0,33 : 0,33 und die Elastizität wie 1 : 0,66 : 0,75 : 1; dagegen ist die Torsionsfestigkeit der Baumwolle viermal so groß wie die der Ramiefaser.

Die Rohramie (auch oft noch rohes Chinagras genannt) kommt in ansehnlicher Menge nach Europa, um entweder hier »kotonisiert«, d. h. in spinnbare Faser umgewandelt zu werden oder um zur Herstellung sehr fester, dauerhafter und gefällig aussehender, feiner Seilerwaren zu dienen.

Die rohe, in mehr oder weniger breiten Rindenstreifen abgeschiedene Faser wird nach Europa unter dem Namen »Strippen« oder »lanières« gebracht. Häufiger erscheint aber jetzt in Europa eine feinfasrige Rohfaser, welche hier kotonisiert oder roh zu feinen Seilerwaren verarbeitet wird. Fein verteilte Fasern, die nur aus wenigen Faserzellen bestehen, werden auch als »Extra-Zug« bezeichnet.

Die feine, spinnbare Ramiefaser (kotonisierte Ramie, kotonisiertes Chinagras, in Frankreich auch linosoie genannt) besteht aus den Bastfasern der Ramiestengel. Die guten Sorten dieses Spinnstoffes haben eine blendend weiße Farbe und starken seidenartigen Glanz. Weniger gute Sorten weisen eine ins Gelbliche ziehende Farbe auf und sind weniger glänzend.

Die Fasern der kotonisierten Ramie haben eine für Pflanzenfasern beispiellose

Länge. Sie bestehen entweder aus völlig isolierten Bastzellen oder aus Fragmenten oder aus kleinen Gruppen von Bastzellen. Die Länge der Bastzellen wird von Wiesner bis zu 260 mm angegeben. Die häufigsten von Purić beobachteten Längen betrugen 120—150 mm. Hassack will Bastzellen von mehr als einem halben Meter Länge (580 mm) gefunden haben, doch dürften diese langen, unter den Spinnfasern auch vorkommenden Fasern aus mehreren Bastzellen bestanden haben.

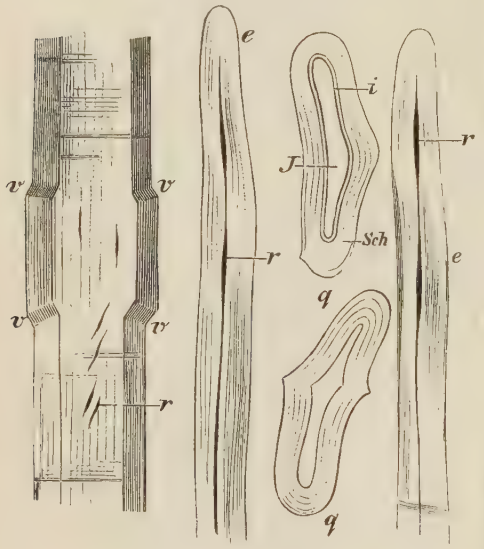


Abb. 57.
Ramiefaser. *q* Querschnitte mit Innenschicht bei *i*. *J* Lumen der Zelle. *Sch* Schichtung. *e* Enden der Zellen. *v* »Verschiebungen«. *r* In der Figur links Spalten, in der Figur rechts (*e*) Lumen der Zelle. Vergr. 340. (Nach v. Höhnel.)

Der maximale Querdurchmesser der Bastzelle beträgt 40—80, meist etwa 50 μ. Die Bastzellen sind an den beiden Enden ausgezogen, die Enden selbst sind aber stets abgerundet (Abb. 57 und 58). Im übrigen sind die Zellen zylindrisch mit unregelmäßigen Leitlinien, im Zellverband aber von polygonalem Querschnitt (siehe Abb. 54—57); Abplattung der Zellen kommt häufig vor. Auf die »Verschiebungen« der Bastzellen des Chinagrases ist zuerst von v. Höhnel (374, I. Aufl.) hingewiesen worden (Abb. 57 *v*); gewöhnlich gehen die Zerstörungserscheinungen der Zellhaut aber weiter (Abb. 58); die Bastzellen erscheinen stellenweise gebrochen, sind von vielen Längsrissen durchsetzt und nicht selten haben sich die Zellhautschichten in Form riemenförmiger Stücke teilweise von der übrigen Zellwand abgelöst. Die Querschnitte der Zellen erscheinen geschichtet. Das Lumen ist

Abb. 58.
Ramiefaser. *a* Von der Breitseite gesehen mit zahlreichen »Verschiebungen« und mit körnigem Inhalt *i*. *b* Drehungsstelle von der flachen zur aufrechten Lage. *c* Fasern von der Schmalseite gesehen. *d* Enden. Vergr. 660. (Nach Hassack.)

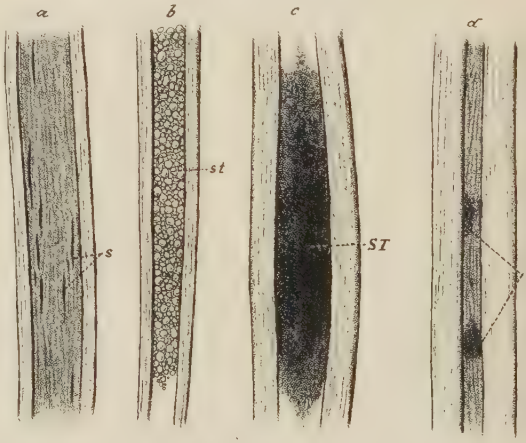


Abb. 59.
Längsansicht von kotonisiertem Chinagras (Ramie). *a—d* Bruchstücke von Bastzellen. *a* Faserstück mit kurzen Längsspalten *s*. *st* Stärkekörnchen. *S T* gequollene Stärke. Vergr. 600.

häufiger weit als linienförmig verschmälert (s. Abb. 57—59). Im Inhalt erscheint häufig eine feingranulierte durch Jodwasser sich violett färbende Masse, die von verkleisterten Stärkekörnern herrührt. Hin und wieder wird auch die Zellmembran durch Jodwasser violett oder bläulich gefärbt.

Wiesner hat diese Blau- oder Violettfärbung durch Jodwasser an allen von ihm untersuchten kotonisierten Ramiefasern beobachten können. Das Vorkommen von Stärke im Inhalt der Bastzellen von *Boehmeria nivea,* wie überhaupt das Verhalten dieser Fasern zu Jod ist jedenfalls auch vom rein botanischen Standpunkt beachtenswert.

Jod und konz. Schwefelsäure färben die Bastzellen und ebenso die Fasern des kotonisierten Chinagrases blau. Kupferoxydammoniak treibt die Fasern enorm auf, ohne sie jedoch völlig zu lösen. Bei der Quellung der Schichten erfolgt eine starke Verkürzung der Faser. Wenn Mittellamellen (gemeint sind wohl vielmehr die primären Membranen) den Fasern noch rundum anhaften, so setzen sie nach Beobachtungen von J. Wiesner der Quellung einen großen Widerstand entgegen, werden aber schließlich entweder in eine körnige Masse zersprengt oder zeigen, was seltener der Fall ist, noch Andeutung einer schraubigen Streifung. Anilinsulfat oder Phlorogluzin + Salzsäure rufen keinerlei Veränderungen hervor; es ist also keine Spur von Verholzung an der kotonisierten Chinagrasfaser erkennbar.

Das lufttrockene kotonisierte Chinagras enthält nach Wiesner 6,52 % Wasser. Durch 24 Stunden bei 20° in einem mit Wasserdampf völlig gesättigten Raum aufbewahrt, steigert sich der Wassergehalt bis auf 18,15%. Die Aschenmenge der trockenen Substanz beträgt 1,70—1,91 %.

In China, Japan, Indien und auf dem Archipel wird die rohe Ramie seit alter Zeit zur Herstellung von außerordentlich festen und dauerhaften Seilen, Stricken, Netzen, Bindfaden u. dgl. verwandt, sie kann aber auch in der Papierindustrie vorteilhaft verwertet werden.

Die kotonisierte Boehmeriafaser wird seit langer Zeit zur Herstellung von Geweben (Grass-cloth, Ardeas usw.) benutzt. Diese Gewebe wurden früher aus China, Indien usw. nach Europa gebracht. Im Jahr 1810 kam der Rohstoff zuerst nach Europa, und zwar nach England, wo John Marshall in Leeds sich um seine Einführung und Verarbeitung verdient machte. Aber erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wird das Spinnmaterial in Europa fabrikmäßig verarbeitet, besonders in England, Frankreich und Deutschland. Bis zu den achtziger Jahren stieg die Ramieindustrie in den genannten und in anderen europäischen Ländern; man lernte die ausgezeichneten Eigenschaften der Faser kennen und verarbeitete sie nicht nur zu den verschiedenartigsten glatten, einfach gemusterten und damastartigen Stoffen, sondern auch — gefärbt — zu Möbelstoffen, Möbelplüsch

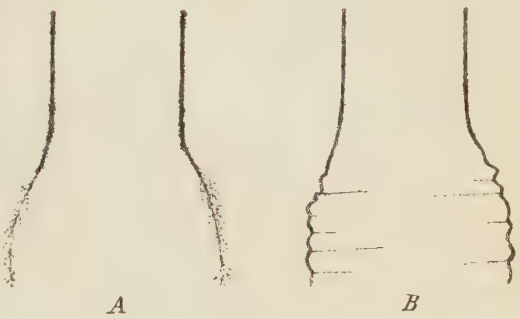


Abb. 60.
Mittellamellen und primäre Membranen der Bastzellen von Ramiebast nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak. Oben noch unverändert, unten teils zerrissen (*A*) oder zum Teil noch die Querfaltung zeigend (*B*). Vergr. 900.

und Effektstoffen, ferner zu Gasglühlichtstrümpfen. Für die Wäschekonfektion liefert Ramie kein gutes Rohmaterial, weil die erzeugten Gewebe zu hart und steif ausfallen und weil im Gebrauch infolge einseitiger Loslösung vieler Fasern die Oberfläche der Gewebe zu rauh wird. Der hohe Preis des Spinnstoffes hat die Verwendung der Boehmeriafaser wieder stark eingeschränkt. Zurzeit existiert in Deutschland nur eine große Ramiespinnerei (Emmendingen i. Baden). Die Zahl der Spezialfabriken für Ramieverarbeitung in England, Frankreich, der Schweiz und Nordamerika ist gering geworden. Die Zukunft der Ramieindustrie, die manchmal infolge der bestehenden Eigenschaften des besprochenen Faserstoffs in allzu rosigem Lichte geschildert wurde, ist ganz und gar vom Preis der Faser abhängig. Nur wenn es gelingt, die Ramiekultur rationell zu gestalten und die Fasergewinnung zu verbilligen, ist Hoffnung zu neuem Aufschwung der europäischen Ramieindustrie zu gewärtigen. Über Ersatzfaserstoffe für Ramie siehe

die Zusammenstellung bei F. Michotte [(494) 1925, 125—151].

9. Nesselfaser. Unter den heimischen »Ersatzfasern«, die zur Zeit der durch die wirtschaftliche Absperrung Mitteleuropas während des Krieges hervorgerufenen Fasernot an Stelle ausländischer Faserstoffe zur Geltung kamen, gehört die Faser der gemeinen oder zweihäusigen Nessel zu den wichtigsten.

Die Nesselfaser soll schon lange zur Fasergewinnung verwendet worden sein, doch ist sowohl in der technologischen als auch in der landwirtschaftlichen Literatur nichts Sicheres über die Geschichte der Nesselfaser zu finden. Von Boehmer (94) erfahren wir, daß es noch im Anfange des 18. Jahrhunderts in Leipzig eine Nesselmanufaktur gab, daß aber zur Zeit, als dieser Technologe sein Werk herausgab (1794), eine auf Dauer eingerichtete Nesselfasergewinnung nicht mehr bestand. Über die Nesselkultur im großen ist auch nichts Bestimmtes aus der Pflanzenbauliteratur zu erfahren. Ein Impuls, sich wieder mit der Nutzbarmachung der Nessel als Faserpflanze zu beschäftigen, dürfte in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Erzeugung von sehr schönen, festen Fasern aus Stengeln einer ostasiatischen Nessel (Chinagras, Ramie) gewesen sein. In Deutschland wurde dann 1876—1877 die deutsche Nesselkommission gegründet, zu der Reuleaux, Grothe, Wittmack, Bouché u. a. gehörten; aber die Aufgabe, eine rationelle Methode zur Gewinnung der Fasern zu finden, wurde nicht gelöst.

Durch die mitteleuropäische Faserstoffnot während des Krieges hat die Nesselfasererzeugung, besonders in Österreich von seiten der Heeresverwaltung, wohl aber auch in Deutschland, wo man allerdings der Faser mehr mit Zweifeln gegenübertrat, die weitaus stärkste Förderung erfahren. O. Richter hatte zuerst im konzentrierten Ammoniak ein Mittel gefunden, um die Rinde der Nessel in ihre Elementarbestandteile zu zerlegen; später behandelte er die Nesselstengel $^1/_2$—2 Stunden mit Wasser allein. Durch stärkere Quellung der Rinde löste sich diese vom Holzkörper ab, dann wurde sie durch ein mechanisches Verfahren mit Hilfe von Zerreißmaschinen in Fasern zerlegt und dabei ein rohes Produkt erzielt, das bei der großen Faserstoffnot gute Dienste leistete. Die Zahl der Verfahren, die man dann zur Gewinnung der Bastfasern in Vorschlag brachte, ist sehr groß. So hat man z. B. die Stengel zuerst gebrochen, die Bastschicht abgeschält und diese dann in heißem Wasser oder in Laugen aufgeschlossen. Aber trotz vieler angegebener Methoden kann der an sich ganz brauchbare Faserstoff doch noch nicht rationell gewonnen werden. Da die Brennessel große Ansprüche an den Bodenstickstoff stellt, so kann diese Pflanze nur für Niederungsmoor oder Niederungswald, nicht aber auf Ackerboden in Frage kommen. Landwirtschaftlich wird die Brennessel keine Rolle spielen. Da aber außerdem die Menge der Bastzellen im Nesselstengel eine geringe ist (nach Krais [in Ztschr. f. ang. Chem., 1919] nur 6—8 %) und die Aufbereitung auf Schwierigkeiten stößt, so wird, trotz der wertvollen Dienste, die diese Faser während des Krieges leistete, und trotz der starken Propaganda, die für sie seinerzeit — allerdings oft wenig sachlich — entfaltet wurde, bei normalen wirtschaftlichen Bedingungen ihre technische Bedeutung nur sehr untergeordnet sein. Näheres über die Geschichte der Nesselfaser siehe J. Wiesners Ausführungen in der 3. Auflage dieses Werkes.

Urtica dioica (= *U. dioeca* L. [Hegi] *major* Kanitz) ist eine mit dem unterirdischen Wurzelstock ausdauernde Pflanze, die krautige, blühende und fruchtende Stengel nach oben entsendet, deren Haupttriebe der Fasergewinnung dienen, nachdem Blätter und Seitentriebe entfernt wurden. Sie ist ein ausgesprochener Kosmopolit, der nur im Polargebiet und in einigen tropischen Gebieten Afrikas fehlt und in Mitteleuropa stark verbreitet ist. Unter den zahlreichen Spielarten der *Urtica dioica* gibt es an einzelnen Orten solche (wie z. B. die Tullner und die Egerer Nessel), die sich zur Fasergewinnung besser eignen als die anderorts verbreiteten. Wenig verzweigte, hohe Stengel liefern begreiflicherweise feinere, längere und gleichmäßigere Fasern als die kurzen und reichverzweigten. Die Bastfasern liegen im Rindenparenchym vorzugsweise an den Stengelkanten, und zwar

im Querschnitt in einer losen, schmalen, sich gegen die Stengelmitte verschmälernden Gruppe. Nach innen zu folgt auf die Bastfasern der Weichbast mit Siebröhren und mit zahlreichen, sehr auffallenden Kristallschläuchen, die aus dünnwandigen, in der Längsrichtung in einer Reihe liegenden Zellen mit Drusen von Kalkoxalatkristallen bestehen. Auffallend ist bei Betrachtung eines Stengelquerschnittes die geringe Menge von Bastzellen.

Die Bastzellen selbst zeigen häufig einen rundlich-polygonalen, manchmal elliptischen, zuweilen flach zusammengedrückten und dann meist in tangentialer Richtung ausgezogenen Querschnitt. Die mäßig, aber gleichmäßig verdickte, mit deutlichen Tüpfelkanälen versehene Wandung umschließt ein verhältnismäßig weites, im Querschnitt entweder rundliches oder quergestrecktes, manchmal leicht gebuchtetes Lumen. Nach Angabe von Reimers (568, S. 73) würde im Durchschnitt das Lumen etwa 12,7 % der Querschnittsgesamtfläche ausmachen. Im Gewebeverband treten die Bastzellen in sehr lockerem Gefüge auf, meistens durch Rindengewebe oder lufthaltige Interzellularen getrennt, so daß die Fasern nach der Aufschließung meist als Einzelfasern vorliegen. Die Einzelfaser ist nach Reimers (568) 23—56 mm lang, im Durchschnitt 46,3 mm lang und 36,3 μ breit. Die Enden werden von Reimers und von Herzog als lang und sehr fein zugespitzt angegeben, doch hat T. F. Hanausek (Allg. Textilzeitung, 1916) ihre Vielgestaltigkeit betont, da auch flache und ebene, abgerundete, auch löffelförmige Gestaltungen vorkommen. In der Längsansicht ist die Nesselfaser flach bandförmig mit breitem, deutlich sichtbarem Lumen, das gegen die Enden allmählich linienförmig wird. Die äußere Verdickungsschicht der Faser zeigt eine rechtsläufige Spiralstreifung, die inneren Schichten sind längsgestreift. Auffallend sind bei der technischen Faser die groben Verschiebungen. Bei primitiv gewonnenen Fasern sind die zahlreichen mechanischen Beschädigungen in die Augen springend. Nach Reimers sollen die Verschiebungen bereits in der Pflanze ausgebildet sein, doch an durch vorsichtige Mazeration erhaltenen Fasern fehlen sie.

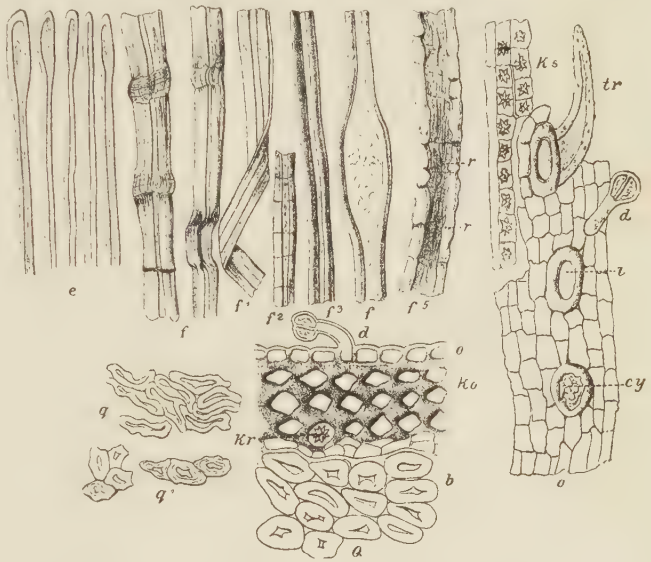


Abb. 61.
Zur Mikroskopie der Brennesselfaser (*Urtica dioica*) *Q* Querschnittpartie mit Kalilauge behandelt, *o* Oberhaupt mit Drüsenhaar, *d*, *ko* Kollenchym, *kr* Kristalldruse von Kalziumoxalat, *b* Bastzelle, *e* Bastfaserenden, *f*—*f*5 Mittelstücke der Bastfaser, *q*, *q*1 Querschnitte der Bastfaser, *o* Stück der Oberhaut an der schon verarbeiteten Faser, *Ks* Rindenzellen mit Kalziumoxalatkristallen, *tr* Borstenhaar, *i* Basis eines Borstenhaares, *cy* Cystolith. (Nach T. F. Hanausek.)

Die technische Faser, die sich, wenn gut gehechelt, durch einen gewissen seidigen Glanz, durch Geschmeidigkeit und Weichheit auszeichnet, ist im ungebleichten Zustand hellgraubraun oder graugrün. Die Faser wird mit Chlorzinkjod dunkelviolett gefärbt, mit Phlorogluzin + Salzsäure, mit Anilinsulfat und bei der Mäuleschen Reaktion tritt keine Färbung ein. Die Faser besteht somit fast aus beinahe ganz reiner Zellulose. In Kupferoxydammoniak quillt die Nesselfaser gleichmäßig auf.

Nach der Art des Auftretens der Bastfasern im Rindenparenchym ist es begreif-

lich, daß das auf rohmechanische Weise dargestellte technische Fasermaterial außer dem eigentlichen wertvollen Bestandteil der Nesselstengeln, den Bastzellen, noch die chlorophyll- und kristallführenden Parenchymzellen, Siebröhren, ferner Reste von Kollenchym, ja bei sehr roher mechanischer Behandlung auch Oberhaut mit Spaltöffnungen und Haaren enthält. (Siehe Abb. 61.) Die Faser ist dann etwas unrein, rauh und glanzlos.

Die Nesselfaser hat sich während des Krieges zur Herstellung von Zeltstoffen, Rucksäcken, Binden, Stricken und Trikotagen (Strümpfen) als ganz gut geeignet erwiesen.

Bezüglich des Spinnwertes steht die Nesselfaser hinter der Baumwolle zurück, und zwar sowohl infolge der geringen Dehnung, als auch der geringen Schmiegsamkeit, des Mangels einer Kräuselung und des Mangels an Spinnsporen. (Siehe Johannsen in Mittlg. Deutsch. Forsch.-Inst. Reutlingen-Stuttgart 1919, 6.—8. Ausg., S. 4 und Chr. F. Walz, ebenda, S. 5—54.)

10. Hopfenfaser. Die windenden, einjährigen Triebe von *Humulus lupulus,* die bei der Kultur dieser Pflanze nach der Ernte im Herbst abgeschnitten werden, enthalten Bastfasern, die schon längere Zeit in England und Schweden zur Erzeugung von Stricken und groben Geweben verwertet werden. Während des Weltkrieges wurde die Aufmerksamkeit stärker auf diese Faser gelenkt. Es wurden Verfahren zu ihrer Gewinnung ausgearbeitet, ohne daß es aber gelungen wäre, die sich der großindustriellen Verwertung entgegenstellenden Schwierigkeiten zu beseitigen.

Zur Gewinnung der Hopfenfaser muß zuerst der Bast vom Holzteil der Stengel abgelöst und dann der Faserbast aufgeschlossen werden. Das Aufschließen bereitet infolge der Sprödigkeit der Faser einige Schwierigkeiten. Durch Kochen mit schwachen Alkalien erhält man kräftige, grobe, vielfach noch 20—25 cm lange Faserbündel, die dann mechanisch noch weiter geteilt werden müssen, um sie rein oder mit anderen Fasern gemischt zu groben Garnen verspinnen zu können. Kocht man die Faser unter Druck, so werden nur 20—30 mm lange Fasern erhalten, die nach dem Krempeln eine weiche und wollige, z. B. mit Kunstwolle verspinnbare Faser ergeben.

Die Rinde des Hopfenstengels zeigt im äußeren Teil eine primäre, schmale Bastfaserschicht, die aus flach gedrückten und ziemlich isolierten Bastfasern besteht. Die sekundäre Rinde ist faserreicher und besteht hauptsächlich aus verschieden großen Bastfaserbündeln, die nur durch dünne Lagen vom Weichbastgewebe getrennt werden. Näheres über die Anatomie siehe Reimers (568).

Das aus der Rinde gewonnene Fasermaterial besteht zum Teil aus Bastbündeln, zum Teil aus Einzelfasern. Die primären Fasern liegen aufgeschlossen fast immer als Einzelfasern vor, deren Länge Reimers (568) im Durchschnitt mit 12,8 mm, ihre Breite mit 27,7 μ angibt. Das Lumen dieser etwas bandartigen primären Fasern ist im Längsverlauf breit, die Faserenden sind breit abgerundet. Die Querschnitte dieser Fasern sind flach elliptisch (in der Rinde mit dem größeren Durchmesser in tangentialer Richtung), zeigen elliptisches Lumen und eine gleichmäßig ausgebildete Wandung. Mittellamellen sind meist nicht mehr zu beobachten. Die sekundären Fasern, vielfach noch zu Bündeln vereinigt, haben kleinere, rundlich polygonale Querschnitte, ein schmales Lumen und stark verholzte breite Mittellamellen (eigentliche Mittellamelle und primäre Membran), welch letztere dann bei Einzelfasern als eine deutliche, an den Faserenden über die eigentliche Faser hinausgehende zarte Außenhülle (wie bei der Faser vom Papiermaulbeerbaum [*Broussonetia papyrifera*]) zu beobachten ist. Reimers (568) gibt die durchschnittliche Länge der sekundären Einzelbastfasern mit 7,5 mm und die Breite mit 21,4 μ an. Die Enden dieser Fasern sind scharf ausgezogen.

Der Bast des Hopfens soll etwa 50 % spinnfähige Faser ergeben.

Die technische Hopfenfaser, die ungebleicht je nach Aufbereitung gelblich bis dunkelbraun ist, wird durch Chlorzinkjod blau (mit einem Stich ins Violette) gefärbt, wobei die Hüllen als hellblauer Schleier erscheinen, in Phlorogluzin und Salzsäure nimmt sie eine schwach violettrote, bei der Mäule schen Reaktion eine

schwache Rotfärbung an. Bei den primären Fasern erscheint die Wandung (sekundäre Membran) unverholzt, bei den sekundären Fasern ist die sekundäre Membran wenig, die Mittellamelle und primäre Membran deutlich verholzt.

In Kupferoxydammoniak quillt die Hopfenfaser auf unter Bildung von unregelmäßigen tonnenförmigen Anschwellungen. Die gebleichte Hopfenfaser gibt gewöhnlich die reine Zellulosereaktion.

Den primären und sekundären Fasern haften vielfach Milchröhren als dunkelbraune Schläuche an. Manchmal liegen diese ungegliederten Milchröhren auch mitten zwischen den Bastfasern. Wenn der ganze Stengel zur Bastfasergewinnung verwendet wurde, dann enthält das gewonnene Fasermaterial auch Gruppen von bastfaserähnlichen Holzfasern, die mit ihrem rundlich-polygonalen Querschnitt vollkommen den sekundären Bündeln gleichen, nur etwas kleiner und weniger starkwandig sind. Reimers gibt die durchschnittliche Länge dieser Einzelholzfasern mit 4,3 mm und die durchschnittliche Breite mit 17,9 μ an. Die bastfaserähnlichen Holzfasern tragen in regelmäßigen Abständen lange Reihen von Kalziumoxalatkristallen. Bei primären und sekundären Fasern sind diese Kristalle meist nur vereinzelt zu finden. Außer den bisher aufgezählten Leitelementen treten seltener noch Reste des Korkgewebes, verkieselte zweiarmige Klimmhaare und Tüpfelgefäße auf.

Die Hopfenfaser kann außer für die bereits erwähnten Zwecke auch für die Papierfabrikation verwandt werden.

11. Weidenfaser. Die Rinde der in der Flechterei verwandten, abgeschälten Weidenzweige kann zur Gewinnung von Bastfasern verwandt werden. Diese Weidenbastfasern, die nach Herzog (345) 6 bis 17% (nach anderen Angaben noch mehr) vom Gewichte der lufttrockenen Rinde ausmachen, können als Ersatzstoff für Flachs- und Hanfwerg und für Jute benutzt werden.

Zur Fasergewinnung können verschiedene Weidenarten (*Salix alba, S. pentandra, S. viminalis, S. purpurea* usw.) verwertet werden, vor allem kommen aber die Arten in Betracht, die in der Korbmacherindustrie praktisch benutzt werden. Über die in der Korbwarenindustrie verwandten Weiden siehe Ulbrich [(728a) 14—19].

Verfahren zur Gewinnung der Faser aus der Rinde sind verschiedene in Vorschlag gebracht worden. So wird z. B. die Weidenrinde in Sodalösung gekocht, wodurch aus dem Rindengewebe Faserbündel erhalten werden, die dann gewaschen, getrocknet und allenfalls gebleicht werden.

Die technische Weidenfaser, die im ungebleichten Zustand hellbraun bis schwarzbraun gefärbt ist, besteht aus den primären und sekundären Bastfaserbündeln der Rinde. Die primären Bündel sind breiter (in radialer Richtung) als die sekundären, treten dafür aber in geringerer Anzahl auf. Die Einzelfasern, die bei *Salix viminalis* nach Reimers (568) durchschnittlich 1,07 mm lang und 11,6 μ breit sind (nach Herzog 1,5 mm lang), haben einen gleichmäßig polygonalen Querschnitt, eine stark verdickte, dicht konzentrisch geschichtete Wandung, ein punktförmiges Lumen und ein deutliches, stark verholztes Mittellamellennetz (aus eigentlicher Mittellamelle und der primären Membran bestehend). Nach A. Herzog (345) sind allerdings die primären Bastfasern von den sekundären (bei *Salix alba, S. fragilis* usw.) in Größe und Form beträchtlich verschieden. Genannter Forscher gibt die mittlere Breite der primären Bastfasern mit 17,9 μ und die der sekundären mit 12,1 μ an. Ferner sind die Fasern der sekundären Bastbündel etwas dünnwandiger als die der primären, deren Wandung 99,2 % der Gesamtquerschnittsfläche einnimmt. In der Längsansicht ist das linienförmige Lumen der Einzelfasern kaum wahrzunehmen. Die Wandung ist längsgestreift und die Zellenden sind fast immer deutlich abgerundet, seltener abgeschrägt. Bei den primären Bastfasern ist die primäre Membran meist auffallend breit. Poren sind bei der primären und sekundären Membran entwickelt. Mechanisch beanspruchte technische Fasern zeigen häufig Verschiebungen.

Die Weidenfasern, besonders die sekundären, sind deutlich verholzt. Die Mittellamelle ist stark, die primäre Membran ist weniger stark und die sekundäre Membran ist schwach verholzt. In Kupferoxydammoniak zeigt die Weidenfaser

gleichmäßige Quellung mit gefälteltem Innenschlauch. Die Doppelbrechung der Faser ist beträchtlich.

Als Leitelemente haften den Bastbündeln der Weidenfaser lange Reihen von Kalziumoxalatkristallen an. Die Bastfasern der Weiden können als Ersatz für Hanfwerg und Jute für Stricke, als Bindematerial, für Matten, Läufer, grobe Gewebe, als Stopfmaterial oder für Putz- und Scheuerwische usw. verwandt werden. Über die Verwertung der Samenhaare siehe die systematische Übersicht der Faserpflanzen.

In älteren Werken findet sich auch die Angabe, daß der Weidenbast im großen Maßstab abgeschieden und gleich dem Lindenbast benutzt wird [Dodge (187, S. 284)]. Wiesner konnte aber über eine etwaige Weidenbastgewinnung nichts in Erfahrung bringen. Da nun auch Hartig (302, S. 465) die Weidenbastbenutzung nicht erwähnt, obschon in dem bezeichneten Werk die Verwertung der europäischen Holzgewächse mit größter Gründlichkeit und Ausführlichkeit abgehandelt wird, so glaubte Wiesner, daß die angeführten Angaben auf einem Irrtum beruhen oder die Abscheidung des Weidenbastes nur lokal und beschränkt betrieben wird. Nach Hempel und Wilhelm (325, S. 105) geben die bastreichen Rinden junger Triebe (Ruten von *Salix amygdalina* und anderen Weiden) ein grobes Bindematerial.

12. Die Bastfaser von Hibiscus cannabinus L. (Gambohanf, Java-Jute.) *Hibiscus cannabinus* ist eine einjährige, krautige Malvacee Indiens, die dort ihrer spinnbaren Faser wegen seit alter Zeit und in ausgedehntem Maßstab, besonders in Madras und Bengalen, kultiviert wird.

Die Heimat dieser Pflanze soll Asien und Australasien sein, doch ist diese Faserpflanze jetzt weitverbreitet und auch in Westafrika, Ostafrika, auf den Antillen, Holländisch-Guayana und in Brasilien (Bahia, Minas Geraes) zu finden.

Der Sanskritname dieser alten Kulturpflanze ist nalita, mit welchem Namen auch die Faser dieser Pflanze bezeichnet wird.

Die Faser wird in neuerer Zeit auch aus Indien exportiert und kommt auf den englischen Markt unter dem Namen Gambohanf, brown hemp oder Bombayhanf, mit welchen beiden letzteren Namen jedoch auch andere Fasern, z. B. der Sunn, bezeichnet werden. Auch fibre of the roselle und Jute von Madras hat man die Faser im europäischen Handel genannt. Sehr häufig wird sie auch dem indischen Hanf (Indian hemp) zugezählt, unter welchem Namen man die Fasern von *Cannabis sativa, Crotalaria juncea* und *Hibiscus cannabinus* zusammenfaßt. In den letzten Jahrzehnten haben sich für den Gambohanf auch die Namen Bimli hemp (Bimblipatam hemp), Bimli-Jute und auch Java-Jute eingebürgert. Aus Brasilien kamen im ersten Jahrzehnt dieses Jahrhunderts Proben einer mit großer Reklame angepriesenen neuen Faser nach Europa, die nach dem Entdecker Perinihanf genannt wurde und von *Canhamo brasiliensis* Perini abstammen sollte, welche Pflanze sich allerdings als mit dem altbekannten *Hibiscus cannabinus* identisch erwies, so daß der seinerzeit angepriesene Perinihanf nichts anderes als Gambohanf darstellt [Schilling (626, 629)]. — Im westlichen Indien heißt die Pflanze Ambaree (daher auch der Name Ambaree fibre), in Madras Palungo, in Bombay Deccan hemp.

Die ersten genauen Nachrichten über die Faser von *Hibiscus cannabinus* finden sich bei Roxbourgh (595, S. 48 ff.). Auch in Royles oft genanntem Werk (598) sind viele Daten über die Ausdehnung der Kultur der Pflanze, über Gewinnung und Eigenschaften der Faser enthalten.

Die Kultur des Gambohanfes, die von den Eingeborenen durchgeführt wird, ist in Indien noch recht primitiv. Und all der aus Vorderindien ausgeführte Rohfaserstoff stammt nach Horst (384) noch jetzt aus dieser Kultur durch die Eingeborenen.

Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts hat man in Java Kulturversuche mit dieser Pflanze unternommen, die bis 1920 wohl nicht recht über das Versuchsstadium hinauskamen. Erst 1920 wurde [Horst (384)] ein größeres Quantum (1500 kg) nach Holland verschifft. Seither wird die Kultur gewisser Spielarten von Gambohanf auf Java und Sumatra fortgesetzt.

Die Kultur des Gambohanfes wurde schon vor etwa einem halben Jahrhundert in Westafrika versucht, hat sich aber nicht gelohnt, wird aber teilweise noch zur Gewinnung der Samen für die Öl-erzeugung (wie in einzelnen Teilen Indiens) weitergeführt. Auch in Rhodesien, Nyassaland, Ägypten, Transvaal, Brasilien (Perinihanf) und Texas kam es zu mehr oder weniger befriedigenden Anbauversuchen.

Horst (384) meint, daß man in Ländern ohne die Kulturbedingungen von Bengalen mit dem Gambohanfanbau erst etwas erreichen wird, wenn man zu einem modernen Kulturbetrieb (Großbetrieb) unter europäischer Leitung schreitet und die Entfaserung, die bisher durch die Eingeborenen selbst (in Bengalen als eine Art Hausindustrie) wie bei der Jute betrieben wurde, mit zweckentsprechenden Maschinen (z. B. die Décortiqueuse von Faure) durchführt. Näheres über die Kultur des Gambohanfes siehe Horst (384, S. 106—117).

Die Produktion des Gambohanfes schätzt Horst in den letzten Jahren auf 11 000 Tonnen, wovon etwa 5000 Tonnen im Ursprungsland verbraucht und 6000 Tonnen ausgeführt werden.

Eigenschaften des Gambohanfes. Die Eigenschaften der nach Europa gekommenen Proben der Faser von *Hibiscus cannabinus* sind je nach Herkunft (Varietät) und Alter der zur Fasergewinnung benutzten Stengel und je nach der Aufbereitung etwas verschieden, und diese Verschiedenheiten erklären wohl auch die Widersprüche in den Angaben einzelner Faserforscher, wie wir weiter unten noch sehen werden.

Die Hauptmasse der technisch verwandten Faser von Gambohanf ist nach Horst etwa 1,8 m lang; ein gutes Produkt soll wenigstens 2 m lang sein und kann sogar bei einzelnen Varietäten bis 4,5 m erreichen. Die Fasern aus dem unteren Teil des Stengels (20—30 cm) werden nicht verwertet. Die Rohfaser, die sich leicht in 2—5 cm lange, 0,03—0,05 cm breite Bündelchen zerlegen läßt, ist bei den besten Sorten weiß bis gelblichweiß und soll sich im Liegen kaum verfärben. Der Glanz der Bimlifasern soll nach Horst stärker als der der Jute sein — damit stimmen Angaben bei Tobler (698, S. 226), T. F. Hanausek (285) und Wiesner (771, 3. Aufl.) nicht überein —, auch soll der Gambohanf weicher, biegsamer sein und sich weniger zerfasern als Jute. Tobler (698) erwähnt wieder eine »behauptete größere Sprödigkeit« des Gambohanfes gegenüber Jute.

Die Reißlänge des Gambohanfes ist etwas größer als bei echter Jute. Tobler gibt bei einer Einspannlänge von 5 mm und 65 % Luftfeuchtigkeit die Reißlänge der Bimli-Jute mit 59 km und die von echter Jute mit 34—40 km (Madam M) und 46 km (Daisee 1918/19) an. Zu ähnlichen Ergebnissen ist Iterson (390) (bei Garnen) und Horst (384) gekommen.

Mikroskopie des Gambohanfes. Die Gambohanffaser besteht der Hauptsache nach aus Bastzellen, die nach Horst $1^1/_2$—$2^3/_4$ mm (häufigster Wert: 2—$2^1/_8$ mm) lang und 10,5—30 μ (häufigster Wert: $19^1/_2$—21 μ) breit sind, während Tobler (698) die Länge der Elementarfaser mit 1—5 mm und die Breite mit dem Durchschnittswert von 20—25 μ angibt. Im Vergleich zu der ganz ähnlich gebauten Jutefaser sollen Bastzellen beim Gambohanf nach Tobler etwas breiter im Hohlraum und dünnwandiger sein, doch scheinen die Querschnittsbilder der Faser in den verschiedenen Höhen der Stengel nicht dieselben zu sein, wie aus Horsts Abbildungen (384, S. 80, Abb. 2—5) deutlich hervorgeht, so daß durchgreifende, praktisch verwertbare Unterschiede in der Lumenbreite und Wanddicke von Gambohanf und Jute nicht festgestellt werden können.

Nach Horst zeigt sich bei den Bimlifasern eine weit größere Prozentzahl von Zellen mit etwas abgerundeten Ecken als bei echter Jute. Im Längsverlauf zeigen die Bimlifasern dieselben Verhältnisse wie die Jutefaser: stark verengte Stellen, sogar mit stellenweisen Unterbrechungen des Lumens [Höhnel (374)], welch letztere allerdings Horst nicht beobachten konnte. Die Enden der Bastfasern sind nach Horst spitz oder stumpf, am häufigsten kurz zugespitzt und unverdickt. Die Enden der Bimlibastzellen zeigen öfter Verkrümmungen, Andeutung von

Verästelung oder kleine Buckel an der Spitze, die vielleicht das einzige Merkmal darstellen, um rein morphologisch Bimli und Jute auseinanderzuhalten. Einzelne Fasern von Gambohanf zeigen nach Tobler (704) schief liegende, spaltenförmige »Poren«.

Die feineren Fasern des Gambohanfs bestehen nur aus Bastzellen. Die gröberen, weniger sauber zubereiteten führen nach Wiesner an einer der Außenflächen, nämlich an der Seite, die auch am Stengel nach außen gerichtet war, parenchymatische, dünnwandige, jedoch ziemlich stark verholzte Zellen, die bei der Einwirkung von Kupferoxydammoniak auf die Faser fast gar nicht angegriffen werden und bei der Behandlung mit Jod und Schwefelsäure eine braune Farbe annehmen, während, wie schon oben erwähnt wurde, die Bastzellen sich nach Wiesners Angaben hierbei tief bläuen und Kupferoxydammoniak die Zellen auflöst. Anilinsulfat färbt die Bastzellen nur sehr schwach gelb, die Parenchymzellen aber stark. In analoger Weise wirkt Phlorogluzin + Salzsäure.

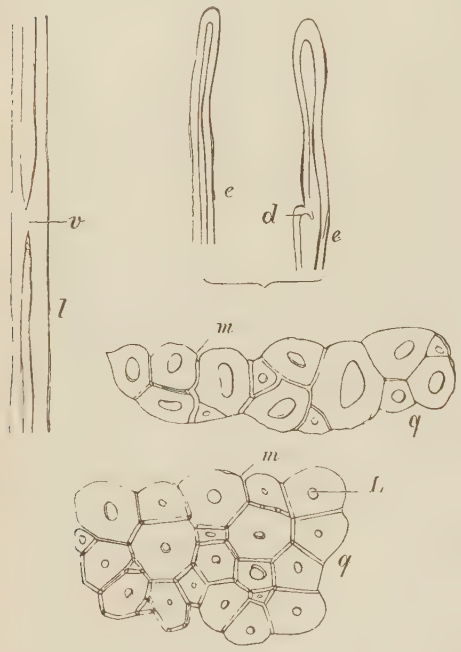


Abb. 62.
Bastfaser von *Hibiscus cannabinus*. *e* Stumpfe Enden der Faser. *d* Rudiment eines Seitenzweiges. *l* Längsansicht eines bei *v* vollständig verdickten Bastfaserstückes. *qq* Querschnitte mit kleinem Lumen *L* und dicken Mittellamellen *m*. Vergr. 250. (Nach v. Höhnel.)

Die Zellen des dieser Faser oft anhaftenden subepidermalen Parenchyms messen in der den Bastzellen folgenden Richtung 120, in der darauf senkrechten Richtung 40 μ.

Über die mikroskopischen Eigenschaften des Gambohanfes herrscht bei den verschiedenen Forschern noch nicht volle Übereinstimmung, was wohl damit zusammenhängt, daß die zur Untersuchung gelangten Proben bezüglich Alter und Zubereitung nicht ganz gleichartig waren.

So gibt Wiesner an, daß sich die Faser mit Jodlösung befeuchtet goldgelb färbt. Auf Zusatz von Schwefelsäure nehmen die Bastzellen bis auf die innerste Zellwandschicht unter starker Aufquellung indigoblaue Färbung an. Kupferoxydammoniak löst unter starker Bläuung und nach vorhergegangener starker Aufquellung jede Bastzelle bis auf die innerste Zellwandschicht auf, die als strukturloser gewundener Sack zurückbleibt, häufig auch unter starker Auftreibung jene eigentümliche spiralige Streifung annimmt, die an den Bastzellen des Hanfs aufgefunden wurde. Anilinsulfat färbt die Faser nur wenig gelb, Phlorogluzin und Salzsäure bringen auch nur schwache Violettfärbung hervor, etwa so wie bei gutem Hanf. Nach diesen Beobachtungen Wiesners würden die Bastzellen des *Hibiscus cannabinus* nur wenig verholzt sein.

Mit diesen Angaben Wiesners stimmen die von Tobler (698) überein, jedoch Horst (384) hat im Gegensatz zu ihnen mit Jod und Schwefelsäure nur eine grüngelbe Färbung erzielen können.

An Fasern aus älteren Stengeln konnte aber Tobler (704) ausgesprochene Holzreaktion nachweisen, und bei Einwirkung von Kupferoxydammoniak konnte er vor der teilweisen Auflösung eine »merkwürdige Drehung und Kräuselung« der Faser beobachten, die ihn fast an die Bilder bei der Baumwolle erinnerte. Jedenfalls scheint die Verholzung der Bimlijute keine gleichartige zu sein.

Über die Lage der Fasern im Stengel von *Hibiscus cannabinus* vergleiche man die Ausführungen von A. Horst in Faserforschung 5. Bd. **1925**, 52—58.

Nach Wiesner enthält die lufttrockene Faser 7,38 % Wasser, mit Wasserdampf gesättigt bei mittlerer Temperatur 14,61 % Wasser. Horst (384) konstatierte bei verschiedenen Varietäten 8—10,60 % Wasser. Der Aschengehalt der Rohfasersträngе ist an verschiedenen Stellen nicht gleich, ohne daß aber über die Zunahme des Aschengehaltes von oben nach unten oder umgekehrt eine bestimmte Regel aufgestellt werden könnte. Wiesner gibt den Aschengehalt mit 2,55 %, Iterson mit 0,7—1,3 % an; die Asche ist kristallfrei.

Frenzel (238) gibt den Gehalt an gewinnbarer Faser bei *Hibiscus cannabinus* mit nur $1^1/_2$—2 % an, während er bei Bengaljute 4—8 % betragen soll. Horst gibt allerdings etwas günstigere Zahlen, denn er sagt, daß bei einer Varietät die Rinde, die ungefähr ein Drittel des Stengelgewichtes ausmacht, 30—50 % Faser enthält, und bezeichnet daher den Fasergehalt bei Gambohanfstengeln höher als bei den Hanfstengeln.

Die Ansichten über den Wert des Gambohanfs gingen früher sehr weit auseinander; in neuerer Zeit haben sie sich aber dank der Arbeiten von Iterson, Tobler und Horst immer mehr und mehr geklärt. Während Royle (598) (1855) die Feinheit dieses Spinnstoffes hervorhebt, bezeichneten die meisten gleichzeitigen Autoren die Faser als hart und grob.

Von den verschiedenen Varietäten des Gambohanfs können je nach der Bereitungsweise entweder grobe Sorten zustande kommen, die wie Jute verwendet werden, oder feinere Sorten, die zu feineren Geweben dienen. In Java hat man es nur auf grobe juteartige Fasern abgesehen gehabt. Über die Java-Jute spricht sich v. Iterson (390) dahin aus, daß sie in Beziehung auf Festigkeit alle von ihm untersuchten Jutesorten übertroffen habe, sonst aber, namentlich in betreff der Feinheit und Elastizität den mittleren Jutesorten gleichkomme.

In Indien wird die Bimli-Jute schon lange angewandt. Man unterscheidet dort Sorten von verschiedenen Graden der Feinheit. Die besten Sorten dienen zu feineren Geweben, die geringeren zu Packleinen und Seilen und werden überhaupt nach Qualität und Verwendung der Jute gleichgestellt.

Jedenfalls dürfte bei rationeller Kultur (Großbetrieb) und maschineller Gewinnung diese Faser nicht ohne eine gewisse wirtschaftliche Zukunft sein und die »planmäßige Ausnutzung dieses Rohstoffes könnte«, wie Tobler sagt, »zu einer größeren Unabhängigkeit vom indischen Jutemarkt führen«.

Von den Fasern der Hibiscus-Arten (siehe systematische Übersicht S. 467) verdient noch besondere Beachtung der Rosellahanf (Rozella hemp) von *Hibiscus sabdariffa* L., welche Spezies in Ostindien, auf Java, Sumatra, Malakka, Ceylon, im tropischen Afrika und Westindien angebaut wird. Die juteähnliche Faser, die aus den (durch Abstreifen des frisch geschnittenen oder ausgezogenen Stengels erhaltenen) Baststreifen nach einer Röste zubereitet wird, wird für Seilerei, Säcke und in der Papierfabrikation verwertet. (Über Anbau und Verwertung von *Hibiscus sabdariffa* siehe C. Ettling in Tropenpflanzer **1926**, S. 2.)

13. Bastfaser von Crotalaria juncea (Sunn). Von den vielen in Indien und den umliegenden Inseln vorkommenden Arten der Gattung Crotalaria werden nur wenige, wie *Crotalaria juncea* L., *C. burhia* Buch.-Hamilt., *C. retusa* L., *C. striata* D. C., und zwar meist nur lokal, auf Faserstoffe ausgebeutet. Die größte Bedeutung als Gespinstpflanze hat unter diesen vier Arten entschieden *Crotalaria juncea* L.

Die ersten Nachrichten über diese wichtige Gespinstpflanze finden sich bei Rheede (575, V, IX). Später haben Wissent (780) und dann Royle (598) ausführliche Berichte über die Kultur dieser Pflanze, über die Gewinnung und über die Eigenschaften des abgeschiedenen Faserstoffes gegeben.

Crotalaria juncea, eine uralte indische Faserpflanze, ist eine einjährige Papilionacee, die fast überall im Süden Asiens, besonders aber in Indien, auf Java und Borneo kultiviert wird. Am stärksten wird sie in den nordwestlichen Provinzen Indiens angebaut, wo ihre Anpflanzungen eine Bodenfläche von etwa 50 000 acres bedecken [Dodge (187)]. Der durch Röstung und Hechelung erhaltene Spinn-

stoff führt den hindostanischen Namen Sunn, Sun oder San, der aus dem Sanskritnamen *çaṇa* (spr. schana) entstanden ist. Die Bezeichnung Sunn wird auch im europäischen Handel angewandt. In Bengalen heißt die Faser Ghore Sun oder Meesta pat, in Kalkutta Sunn hemp. Andere indische Namen hierfür sind: Kenna, Janapa, Shanapum, brown hemp, Madras hemp, Konkanee hemp, Bombay hemp, Salsette, Taag, Chin-pat, Wuckoonar und Chumese fiber. Die Namen brown hemp, Bombay hemp und Meesta pat werden jedoch auch auf die Faser von *Hibiscus cannabinus* angewandt. *Crotalaria tenuifolia* Roxb. ist nur eine Varietät von *C. juncea* und soll den Tubbulpur hemp oder chanvre brun liefern.

Der Sunn besteht nach Wiesner (761, S. 24) aus verschieden blaßgelblichen, lebhaft (aber etwas weniger als Jute) glänzenden, biegsamen, feinen, etwas durcheinander gewirrten Fäden, die diesem Spinnmaterial ein wergartiges Aussehen geben. Die Fasern sind von verschiedener Feinheit und Länge, welch letztere bis zu 1 m steigt. Einzelne Fäden sind von großer Feinheit. Die meisten Fasern sind platt, streifenartig. Ihre Breite schwankt gewöhnlich zwischen 20 und 350 μ.

Die in Indien nach mehr oder weniger vervollkommneten Röstmethoden hergestellten Sorten des Sunn sind nach Watt (748) in der Reihenfolge ihrer Güte: Bombay (beste), Jabbalpore, Phillibit und Bengal (geringste).

Doch sind auch die besten Sorten nicht fein genug, um zur Herstellung feinerer Gewebe zu dienen, obwohl oft betont wurde, daß sich Sunn auch zur Herstellung feiner Gespinste und Gewebe eignen würde. Sunn wird wie Hanf benützt. Besonders geschätzt ist dieser Faserstoff in der Seilerei und zur Herstellung von Fischernetzen. Abfälle oder geringe Fasersorten dienen in der Papierfabrikation (Watt).

Nach der leicht mit Chromsäure oder Natronlauge durchzuführenden Mazeration der Sunnfaser zeigt sich diese aus prosenchymatischen und parenchymatischen Elementen zusammengesetzt. Die ersteren sind Bastzellen, deren Länge 0,5—9,9 mm, gewöhnlich 4,5—6,9 mm beträgt, aber nach Höhnel (374) bis auf 12 mm steigt. Die Maxima der Breiten sind sehr groß, sie schwanken zwischen 20—42 μ, nach Höhnel (374) zwischen 25—50 μ, nach Hanausek (285) zwischen 13 und 30 μ. Die Bastzellen des Sunn gehören mithin zu den breitesten, die man kennt. Bemerkenswert sind die Gestalten der Enden der Bastzellen. Sie sind nämlich stets stumpf und selbst bei deutlich kegelförmiger Gestalt haben sie eine halbkugelförmige Abrundung. Die Enden der Bastzellen sind sehr stark verdickt, was man von den übrigen Teilen dieser Elementarorgane nicht sagen kann, da ihre Wanddicke gewöhnlich nur $^1/_3$ bis $^1/_9$ des Querdurchmessers der Zelle beträgt. Die mit Chromsäure behandelten Bastzellen zeigen nach Wiesner deutliche Pseudolängsstreifen (Schichtung), die mit Kupferoxydammoniak oder mit heißer Natronlauge behandelten Bastzellen dagegen eine sehr deutliche spiralige Streifung, doch behauptet Reimers, daß eine wirkliche Spiralstreifung fehlt. Durch Quetschung läßt sich letztere nicht hervorrufen. Sehr bemerkenswert erscheint auch die Eigentümlichkeit der Bastzellen, daß sich, nach längerer Einwirkung von Chromsäure, von ihnen die äußeren Verdickungsschichten in Form von Kegelmänteln mittels der Nadeln abschieben lassen, was mit der Zusammensetzung der Faser aus mehreren Schichten zusammenhängt. v. Höhnel hat gezeigt, daß die äußeren, sich leicht von den inneren ablösenden Verdickungsschichten verholzt sind (Abb. 63). Diese deutlich verholzte Außenhaut wird, wie ich mich in Übereinstimmung mit Reimers überzeugen konnte, aus der eigentlichen, durch Rutheniumrot schwach gefärbten Mittellamelle, der primären Membran und dem äußeren Komplex der sekundären Membran gebildet. Der innere häufig, wie bei vielen Papilionaceenfasern, von den äußeren losgelöste und im Querschnitt wellig hin und her gebogene, unverholzte Schichtkomplex tritt besonders bei Behandlung der Faser mit Chlorzinkjod stärker hervor. Er stellt die sogenannte Knorpel- oder Gallertmembran dar, die wieder geschichtet ist und Hemizellulose enthält. Näheres über diese Faser siehe Reimers (569) und Aisslinger (48, S. 83).

Nach Reimers (569) zeigt die Sunnfaser sehr schmale und langgestreckt

spindelförmige, steil linksläufige Poren, die der sekundären Membran angehören. Stellenweise zeigt auch die feine primäre Membran zarte, kurz und breit spindelförmige, stark linksläufig geneigte Poren.

Die parenchymatischen Elemente des Sunn bestehen aus dünnwandigen Zellen, deren Länge meist 32, deren Breite meist 22 μ beträgt. Diese Zellen sind frei von kristallisierten Einschlüssen.

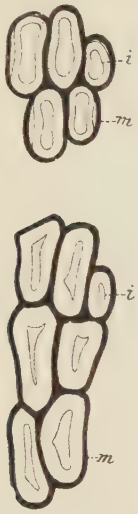


Abb. 63.
Querschnitte durch die Sunnfaser mit ihrer dicken Außenhaut *m* und der zarten Innenhaut *i*. Vergr. 350. (Nach v. Höhnel.)

In neuerer Zeit hat A. Herzog (341) die mikroskopische Charakteristik der Sunnfaser nach mehrfacher Richtung und hauptsächlich dadurch in zweckmäßiger Weise vervollständigt, daß er die im Stengel der *Crotalaria juncea* auftretenden, die Bastzellen begleitenden histologischen Elemente als »Leitelemente« beschrieb. Es finden sich im Sunn Oberhautstücke und Holzfragmente neben den Bastzellen, besonders in gröberen Sunnfasern, und hauptsächlich die ersteren bewähren sich infolge ihres histologischen Baues sehr wohl als Leitelemente, da sie unter dem Mikroskop sehr charakteristische, nicht zu mißdeutende Bilder darbieten. Besonders auffällig sind die langen scharf zugespitzten Haare, die die radial über den Bastbündeln gelegene Oberhaut förmlich bedecken. Auf das Quadratmillimeter dieser Hauptpartien kommen 80 bis 129 (im Mittel 52) Haare zu liegen, die eine Länge von 87—850 (im Mittel 366) μ und eine maximale Breite von 26,0—58,8 (im Mittel von 46,0) μ, endlich eine Wandstärke von 2—6 (im Mittel von 4) μ besitzen. Diese haarreiche, spaltöffnungsfreie Oberhaut liegt radiär über den Gefäßbündeln des Sunnstengels (Abb. 64). Die radiär über den gefäßbündelfreien Partien des Sunnstengels liegende Oberhaut enthält spärliche Haare und spärliche Spaltöffnungen (140 pro cm²) (Abb. 65).

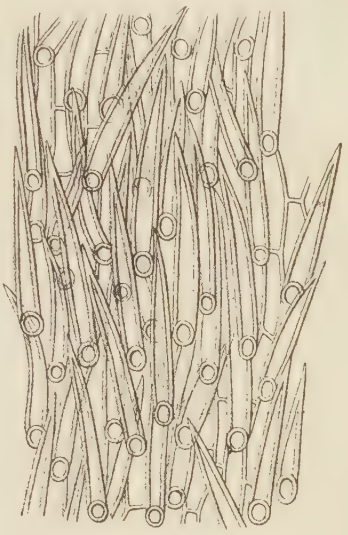


Abb. 64.
Oberhaut des Sunnstengels, radiär über den Gefäßbündeln gelegen. Nach einer photographischen Aufnahme A. Herzogs verkleinert gezeichnet. Vergr. 400.

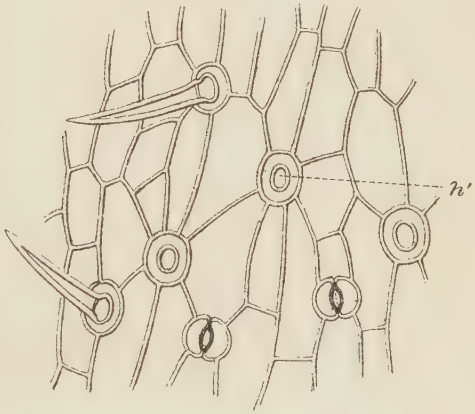


Abb. 65.
Oberhaut des Sunnstengels, über einer gefäßbündelfreien Partie gelegen. Nach einer photographischen Aufnahme A. Herzogs verkleinert gezeichnet. Vergr. 100.

Höchst bemerkenswert erscheint die geringe Hygroskopizität dieser Faser, die gewiß eine für diesen Spinnstoff sehr vorteilhafte Eigentümlichkeit ist. Die lufttrockene Faser enthält 5,31 % Wasser. In mit Wasserdampf völlig gesättigtem Raum steigt, bei mittlerer Temperatur, die aufgenommene Wassermenge nur bis auf 10,87 %, während die übrigen Pflanzenfasern lufttrocken gewöhnlich 7—9, mit Wasserdampf gesättigt 16—22 % Wasser, ja auch noch weit darüber führen. Wenn die Sunnfaser jahrelang lagert, dann sind die darin enthaltenen Wassermengen allerdings größer. Die Aschenmenge von Sunn ist für eine Bastfaser sehr gering. Die völlig getrocknete Faser liefert nach Wiesner nur 0,99 % Asche, die völlig kristallfrei ist. Über die Verwendung der Sunnfaser wurde S. 582 bereits gesprochen.

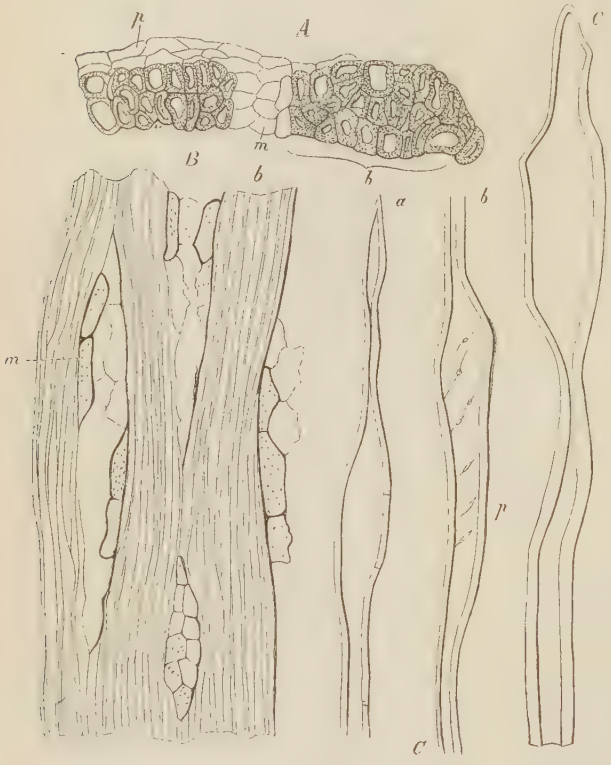


Abb. 66.
A Querschnitt durch den Bast von *Sida retusa*. *b* Bastbündel; *m* Markstrahlen; *p* Rindenparenchym. *B* Ein Stück des Bastes in der Flächenansicht. *b* Bastbündel; *m* Markstrahlen. *C*, *a*, *b* Bruchstück isolierter Bastzellen. *p* Poren der Zellwand. Vergr. 309.

Eine der Sunnfaser sehr ähnliche Faser gibt *Crotalaria usaramoensis*, welche Pflanze in den Tropenkulturen zur Gründüngung, in neuerer Zeit zur Gewinnung einer Faser verwandt wird. Die aus den Stengeln erhaltene Faser ist [nach Horst (384)] weiß mit einem Stich ins Grünlichgelbe, fühlt sich zart an, zeigt eine mittelmäßige Reißlänge (nach Frenzel 21,5 km), ist nur zu Spezialzwecken (Seilerei) zu gebrauchen und erzielt auf dem Weltmarkt nur einen geringen Preis. Näheres über diese Faser bei Bley (89), Horst (384), Frenzel (239, 238), v. Iterson (391).

14. Bastfaser von Sida rhombifolia L. (Queensland hemp, Denjifaser). Die artenreiche Gattung *Sida* aus der Familie der Malvaceen stellt ein starkes Kontingent zu den Gespinstfasern (vgl. oben S. 470). Die Faser der Sida-Arten ist je nach der Gewinnungsmethode grob oder fein. Im ersten Fall wird sie zu Stricken, Seilen, Tauen, im letzteren zu Gespinsten gleich dem Hanf oder Flachs verwandt. Die Sidafaser scheint bis jetzt hauptsächlich nur in den Heimatländern verwandt zu werden. Die Häufigkeit des Vorkommens der faserliefernden Sida-Arten, die lichte Farbe und Festigkeit des Faserstoffs lassen indes annehmen, daß dieser Spinnstoff in der Folge auch in der europäischen Industrie festen Fuß fassen wird.

Unter den *Sida*-Arten scheint *S. rhombifolia* L. mit den Varietäten *S. rhomboidea* Roxb. und *S. retusa* L. die wichtigste zu sein. Sie liefert einen Bast, der zu Seilerarbeiten verwendet wird. Diese Pflanze ist in Indien häufig und wurde in neuerer Zeit in Queensland (Queensland hemp), in Nord- und Südamerika eingeführt. In Venezuela heißt die Pflanze »Escoba«. Der Queensland-Hanf wird auch in der Papierfabrikation angewandt. Der von Wiesner [(761), 2, 10 und 11] untersuchte Bast von *S. retusa* bildet 0,8—1 m

lange, teils faserförmige, teils bandartige, bis 6 mm breite Stücke. Die breiteren Baststreifen sind von spaltenförmigen, schon für das freie Auge erkennbaren Hohlräumen durchsetzt (Abb. 66). Diese rühren von Bastmarkstrahlen her, die bei der Abscheidung des Bastes zum größten Teil zerstört wurden. Stellenweise sind diese Bastmarkstrahlen in den breiteren Baststreifen noch ganz wohl erhalten und geben den betreffenden Stücken ein kreidiges Aussehen. Die Farbe der Faser gleicht der von frisch angeschnittenem Weißbuchenholz (*Carpinus betulus*). Der Bast der Pflanze ist glanzlos und selbstverständlich auch die Faser. [Bei einigen *Sida*-Arten, wie bei *S. tiliaefolia* Fisch., *S. urens* L., *S. cordifolia* L. soll die Faser seidenglänzend sein. Royle (598, S. 262); Rein (571).] Die Festigkeit der Faser ist beträchtlich, indem selbst Faserstücke, die nur eine Breite von 0,5 mm haben, sich nur sehr schwer zerreißen lassen.

Die den Bast und die Faser zusammensetzenden Bastzellenbündel haben nach Wiesner eine Breite von 0,06—0,20 mm und eine Dicke von 0,04—0,10 mm. Sowohl im Bast als auch in der Faser liegen Markstrahlen, häufiger jedoch noch Markstrahlenräume. Die Länge der Markstrahlen schwankt zwischen 0,17—3,5 mm, ihre tangentiale Breite zwischen 0,02 bis 0,23 mm. Sie sind meist lang zugespitzt. Die den Bastzellen zugewandten Grenzlinien der Markstrahlen sind entweder ganz wellenlos oder nur sehr schwach ausgebuchtet. Die Markstrahlenzellen, die den Bastzellen anhaften, sind dickwandig, deutlich porös und langgestreckt, die übrigen kurz und dünnwandig. Die Länge der ersteren beträgt meist 75, die Breite 42 μ. Häufig sind vom ganzen Markstrahl nur dessen äußere, dickwandige Elemente erhalten. Die in den Markstrahlenzellen vorkommenden Stärkekörnchen haben einen mittleren Durchmesser von 4 μ.

Die Bastbündel bestehen nur aus Bastzellen. Letztere zeigen abgerundete, in tangentialer Richtung meist abgeplattete, häufig unregelmäßige Querschnittsformen. Der Umriß der Zellen ist höchst unregelmäßig, wie sich leicht durch Isolierung mittels Chromsäure erweisen läßt. Höcker, mehr oder minder tiefe Ein- und Ausbuchtungen, Erweiterungen und Verengungen sind fast an jeder Bastzelle wahrnehmbar. Die Querschnittsmaxima betragen 15—25 μ. Die Länge der Bastzellen beträgt 0,8—2,29 mm. Porenkanäle sind häufig, namentlich in der Flächenansicht, zu beobachten. Sie haben die Form schmaler, schief verlaufender Spalten.

Im lufttrockenen Zustand führt die Faser 7,49 % Wasser. Im mit Wasserdampf gesättigten Raum steigert sich bei mittlerer Temperatur der Wassergehalt bis auf 17,11 %. Die getrocknete Faser gibt 1,90 % Asche, die nur Spuren von kristallartigen Bildungen führt.

Jodlösung färbt die Faser bräunlich. Stellenweise ruft jedoch zudem dieses Reagens eine schwärzlichgrüne Punktierung hervor, welche mit dem Stärkegehalt der noch unverletzten Bastmarkstrahlen zusammenhängt. Das dunkle, schmutzige Grün ist eine Mischfarbe zwischen den blauen Farben der Stärkekörner und den gelben bis bräunlichen der Zellwände. Auf Zusatz von Schwefelsäure wird die grüne Farbe lebhafter. Durch Kupferoxydammoniak werden die Bastbündel anfangs grünlich, später unter beträchtlicher Quellung bläulich gefärbt. Die Wände der Bastmarkstrahlenzellen färben sich sofort blau und quellen merklich auf. Mit Anilinsulfat behandelt nehmen der Bast und ebenso die Faser eine intensiv gelbe Farbe an, die stellenweise ins Zimtbraune neigt. Phlorogluzin + Salzsäure färbt die Faser intensiv rotviolett.

Über die Verwendung der Faser von *Sida rhombifolia* (Chikan Kadia) wurde bereits gesprochen.

15. Bastfaser von Calotropis gigantea Ait. Hort. Kew (Yercum fibre). Die Asclepiadeen, deren Samenhaare als vegetabilische Seide verwandt werden, geben, wie noch andere Pflanzen derselben Familie, sehr beachtenswerte Bastfasern. Einige dieser Fasern, z. B. die Ietee fibre (von *Marsdenia tenacissima* Wight et Arn.), die Yercum fibre von *Calotropis gigantea* Ait. Hort. Kew, die nun kurz besprochen werden soll, finden in Indien ihrer Festigkeit und sonstigen Eigenschaften halber schon seit langer Zeit Verwendung.

Calotropis gigantea Ait. Hort. Kew [= *C. gigantea* (Willd.) R. Br. = *Ascle-*

pias gigantea Noron.] ist ein in Indien und im südlichen China sehr gemeiner Strauch. Die Pflanze wird in den Heimatländern Mudar, Medar oder Ak-Muddar genannt. In Madras führt sie den Namen Yercum, daher der Handelsname Yercum fibre. Ein acre liefert 10 Tonnen grüne Stengel und 580 (engl.) Pfund reine Faser.

Die fast weiße bis hellgelbe, ziemlich glänzende Faser der *Calotropis gigantea* hat nach Wiesner (761, S. 2, 10 und 11) eine Länge bis zu 40 cm. Bei gleicher Länge sind die Fasern auch von ziemlich gleicher Dicke. Überhaupt zeichnet sich diese Faser durch große Homogenität aus. Die Dicke der Fäden beträgt etwa 0,18 bis 0,24 mm. Von allen Fasern gehen zahlreiche kleine, glänzende Fäserchen (sich ablösende Bastzellen) ab.

Die Holzstoffreagenzien rufen in dieser Faser keine Färbung hervor, sie ist also vollkommen unverholzt. Durch Jod und Schwefelsäure wird sie für das unbewaffnete Auge grünlichblau bis blau gefärbt. Kupferoxydammoniak bringt sie nach sofortiger starker Quellung und nach wurmförmiger Zusammenziehung des Innenschlauches rasch in Lösung.

Mikroskopisch erkennt man an der wenig gut zubereiteten Faser zweierlei histologische Elemente, nämlich Bastzellen und parenchymatische Zellen. Die Bastzellen messen nach der Länge 0,7—3 cm. Die maximale Breite der Bastzellen beträgt nach Wiesner 18—25 μ, das zum Teil reichlich mit Plasma erfüllte Lumen beträgt meist etwa ein Drittel der Breite der Zellen. Aisslinger (48) hat neben Bündeln, in denen die 25—30 μ breiten Faserzellen eng aneinandergrenzen und polygonalen Querschnitt zeigen, noch locker vereinigte, 30—40 μ dicke Fasern festgestellt, die mehr rundlich oder gestreckt im Querschnitt erscheinen und deutliche Schichtung zeigen. Doch weisen häufig auch einzelne der zu Bündeln vereinigten Bastzellen Schichtung auf, so daß Aisslinger für *Calotropis gigantea* das Auftreten von drei verschiedenen Bastzellen als charakteristisch ansieht. Bemerkenswert erscheint es, daß die Bastzellen schon durch geringe Quetschungen unter Annahme einer zarten Längsstreifung eine außerordentliche Breite gewinnen, die nicht selten die natürliche Breite um das Drei- bis Vierfache überragt. Die Bastzellen werden durch Jod und Schwefelsäure blau, die parenchymatischen Zellen gelblich oder grünlich gefärbt.

Nach Aisslinger (48, S. 119) polarisiert die Faser von *Calotropis gigantea* sehr stark und es treten bei ihr hohe Interferenzfarben auf. Der Auslöschungswinkel beträgt 15—20°.

Die parenchymatischen Zellen, wahrscheinlich Reste der Bastmarkstrahlen, sind nach Wiesner dünnwandig, beiläufig 36—45 μ lang und 30—36 μ breit. In gut gereinigter Yercumfaser sind diese parenchymatischen Zellen nicht mehr zu finden.

Lufttrocken enthält die Faser 5,67, mit Wasserdampf gesättigt 13,48 % Wasser. Die völlig getrocknete Faser gibt 1,30 % kristallfreie Asche.

Die Festigkeit der Yercumfaser wird von Royle (598) und auch von Wight hervorgehoben. (Die Ieteefaser von *Marsdenia tenacissima* soll sogar nach Roxburgh alle anderen Fasern an Festigkeit überragen, und zwar sowohl im trockenen als auch im feuchten Zustand. Siehe Royle [598, S. 288 und 306 ff.].) Die Faser von *Calotropis* eignet sich daher für die Erzeugung von Seilen, Schnüren, Bogensehnen, Geweben und von feinen Papieren.

16. Bastfaser von Hibiscus (Abelmoschus) tetraphyllus Roxb. Aus den vor der Fruchtreife gesammelten Stengeln der in Indien Rai bhendá genannten, in den gebirgigen Gegenden Hindostans häufigen Pflanze wird eine 0,7 m lange, flachsgelbe, stellenweise (besonders aus den unteren Stengelteilen) hellbraune Faser abgeschieden, die mit der Zeit infolge Bildung von Huminkörpern in den Bastzellwänden eine tiefbraune Färbung annimmt. Der Feuchtigkeit ausgesetzt tritt diese die Hygroskopizität steigernde und die Festigkeit vermindernde Bräunung bei der Abelmoschusfaser rascher als bei der Jute ein, gegen die sie daher als geringwertig anzusehen ist.

Die Abelmoschusfaser, wie sie im Handel (mitunter als Jute) vorkommt, setzt sich nach Wiesner zum größten Teil aus isolierten, zarten, 30—70 μ dicken, etwa 7 cm langen Fasersträngen zusammen. Dazwischen finden sich noch halb-

zerlegte Faserbündel vor, die ein weitmaschig-netzartiges Aussehen zeigen. Der Länge nach unter dem Mikroskop ausgebreitet, erscheinen zwischen vielen Fasern breite Spalten, die von Bastmarkstrahlen herrühren, deren Zellen aber fast gänzlich aus dem Gewebe herausgefallen sind. Der Querschnitt jeder Faser setzt sich aus kleinen Polygonen mit fünf bis sechs Seiten zusammen, innerhalb derer, ähnlich wie bei der Jute, ziemlich ungleiche Hohlräume sichtbar werden.

In jedem Bastbündel des Stengels und fast in jedem einzelnen Bündel dieses Faserstoffs finden sich zweierlei histologische Elemente, nämlich Bastzellen und Bastparenchymzellen (gefächerte Bastzellen), welch letztere in der Jute fehlen.

Die durch Chromsäure leicht zu isolierenden, nur 1—1,6 mm langen, 8—20 μ (meist 16 μ) breiten, dickwandigen Bastzellen zeigen ein gewöhnlich nur den dritten Teil des Zellendurchmessers betragendes Lumen, das sich stellenweise so verengt, daß es in der Längsansicht nur als dunkle Linie erscheint und ein ähnlicher Nichtparallelismus der äußeren und inneren Zellgrenzen wie bei den übrigens etwas breiterlumigen Bastzellen der Jute verursacht wird. Die Wände der Bastzellen sind häufig von spaltenförmigen Poren durchsetzt. Gequetschte Zellen sind häufig spiralig gestreift. Selten kommen auch bei der Faser von *Hibiscus tetraphyllus* dünnerwandige und bis 40 μ breite Bastfasern vor.

Das aus einreihigen oder mehrreihigen Zellenzügen gebildete Bastparenchym der Bastbündel besteht aus vierseitig prismatischen, in der Richtung der Bastzellen etwas längsgestreckten Zellen. Wenn mehrere Reihen von Bastparenchymzellen nebeneinander liegen, so läßt sich stets deutlich erkennen, daß die sich seitlich berührenden Zellwände stärker als die übrigen verdickt und außerdem noch mit deutlichen Poren versehen sind. Jede Bastparenchymzelle führt einen Kristall von Kalziumoxalat, der fast den ganzen Innenraum der Zelle ausfüllt und genau die Gestalt der in den Bastparenchymzellen von *Urena sinuata* vorkommenden Kristalle besitzt, die weiter unten (Abb. 68) abgebildet sind. Durch Veraschung wird die Form dieser Kristalle nicht geändert. Die Asche der Bastbündel ist reichlich von diesen kristallähnlichen Bildungen durchsetzt.

Durch die Bastparenchymzellen und ihre auch in der Asche nachweisbaren Einschlüsse läßt sich die Faser von *Hibiscus tetraphyllus* morphologisch von Jute gut unterscheiden. Mit den üblichen Zellulose- und Holzreaktionen sind die beiden Fasern nicht auseinanderzuhalten.

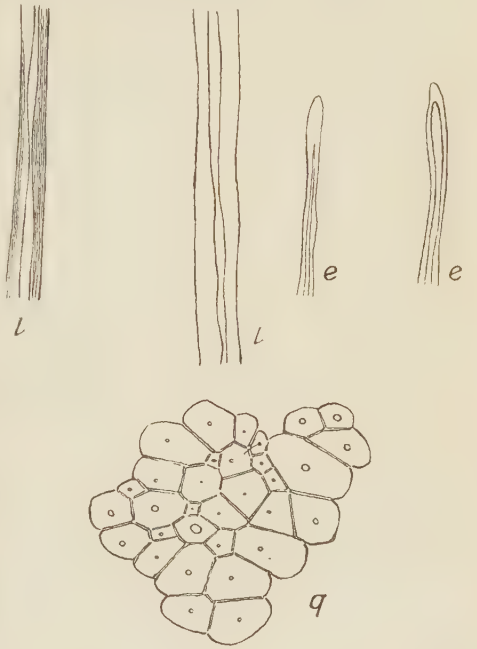


Abb. 67.
Abelmoschusfaser. *l* Längsansichten. *e* Enden. *q* Querschnitt. Vergr. 325. (Nach v. Höhnel.)

Jodlösung färbt die Faser goldgelb. Auf Zusatz von Schwefelsäure wird gewöhnlich nur die Intensität dieser Färbung gesteigert. Nur sehr selten hat Wiesner an dieser Faser nach Einwirkung dieser beiden Reagenzien ein Bläulich- oder Grünlichwerden beobachtet. Kupferoxydammoniak bläut die Faser augenblicklich und bringt sie, wenn das Reagens ganz frisch ist und Baumwolle rasch löst, zu starker Aufquellung. Anilinsulfat färbt die Faser intensiv goldgelb, Phlorogluzin und Salzsäure intensiv rotviolett. Nach Vorbehandlung in Chromsäure wird die Faser durch Jod und Schwefelsäure gebläut, durch Kupferoxydammoniak ohne Rückstand gelöst und durch Anilinsulfat nicht mehr verändert.

Der Wassergehalt der lufttrockenen Faser beträgt 6,8—9,7 %. In mit Wasserdampf vollkommen gesättigtem Raume erhebt sich der Wassergehalt bis auf 13,0 bis 22,7 %. Das niedrigste Maximum des Wassergehaltes entspricht der frischen, flachsgelben, das höchste der gebräunten Faser. Die völlig trockene Faser ergibt 1,05 % Asche. Die Faser kann ähnlich wie die Jute verwertet werden.

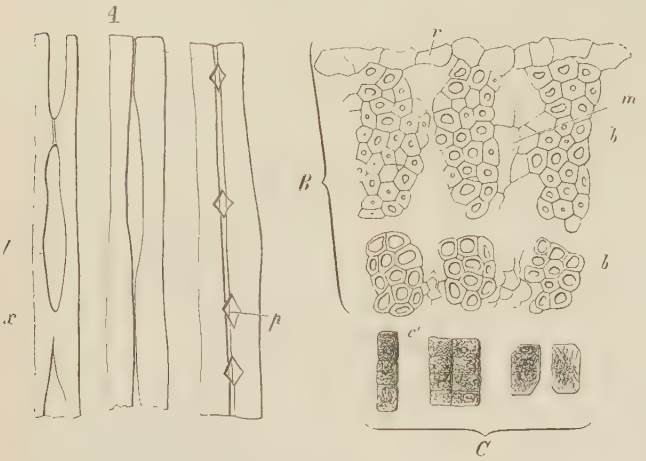


Abb. 68.
A Bruchstücke von Bastzellen aus dem Stamm von *Urena sinuata*. *p* Poren der Zellwand; *l* Lumen; *x* Stelle, an welcher kein Lumen zu sehen ist. *B* Querschnitt durch den Bast dieser Pflanze. *b* Bastbündel; *r* Reste des Rindenparenchyms; *m* Reste der Markstrahlen. *C* Kristalle aus der Asche der Faser, welche als Kalziumoxalat in den Bastparenchym- und in den Rindenparenchymzellen vorkommen. *c'* nach dem Veraschen im Gewebeverband verbliebene Kristalle. *A* Vergr. 400; *BC* schwächer.

17. Bastfaser von Urena sinuata (Tup Khadia) und U. lobata L. (Bunochra). Schon von Royle ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß sowohl *Urena sinuata* als auch die nahe verwandte *U. lobata* L. einen Bast besitzt, dessen feine flachsähnliche Faser als Ersatzmittel für Jute dienen kann.

Beide Pflanzen kommen als Unkraut in Indien überaus häufig vor und werden vor der Fruchtreife zur Abscheidung der Faser benutzt. Erstere führt in Indien den Namen »Tup Khadia«, letztere heißt »Bunochra«.

Urena lobata L. (= *U. americana* L. = *U. heterophylla* Presl.) ist in den Tropen weit verbreitet und wird in neuerer Zeit für die Zwecke der Fasergewinnung in Brasilien und auch auf Madagaskar kultiviert. Die von diesem ausdauernden, 1—3 m hohen Kraut gewonnene Faser findet als »Framina«- oder »Carrapicho«-Faser im europäischen Handel als Gespinstfaser immer mehr Beachtung.

Die Faser von *Urena sinuata* nähert sich nach Wiesner in ihren Eigenschaften, besonders in Feinheit, Glanz und Farbe, sehr der Abelmoschusfaser, zeigt somit auch viel Ähnlichkeit mit der Jute. Im europäischen Handel kommt sie als Ersatz für Jute auch vor. Aber auch diese Faser hat gegen die Atmosphärilien nicht einmal die Widerstandskraft der Jute; wie die Faser von *Abelmoschus tetraphyllus* verfällt auch sie durch Einwirkung von Feuchtigkeit einer auf Bildung von Huminkörpern in den Zellwänden beruhenden Bräunung, deren Folge nicht nur gesteigerte Hygroskopizität, sondern auch verminderte Festigkeit ist.

Die Urenafaser hat trotz ihrer Feinheit doch eine Länge bis zu 1,2 m. Die Dicke der Faser stimmt mit der der Abelmoschusfaser nahezu überein.

Die Faser von *Urena sinuata* setzt sich aus zweierlei histologischen Elementen zusammen, nämlich aus Bastzellen und Bastparenchymzellen. Außerdem erkennt man darin noch Spuren einer dritten Art von Zellen, nämlich Bastmarkstrahlzellen, die die Bastbündel in radialer Richtung durchsetzen. Die meisten Bastmarkstrahlen sind bereits aus der Faser herausgefallen und in diesen ist zwischen den Bastzellen nur noch die Stelle kenntlich, an der diese Gebilde lagen. Kleine spaltenförmige Markstrahlräume mit wellenförmigen Grenzen, wie sie besonders scharf am Baste der *Thespesia lampas* vorkommen (vgl. Abb. 70), treten an vielen Fasern auf; sie haben hier jedoch nur etwa die Breite einer Bastzelle.

Die in den Stengeln der Stammpflanze auftretenden Bastbündel sind in radialer Richtung abgeplattet (s. Abb. 68).

Die nach Wiesner 9—24 μ (gewöhnlich 15 μ) breiten Bastzellen haben eine Länge von 1,08—3,25, meist von 1,8 mm,

wie sich nach Isolierung dieser Zellen mittels Chromsäure erweisen läßt. Aisslinger (48, S. 103) gibt die Länge der Bastzellen mit 4—5 mm, die Breite mit 15—20 μ (meist 18 μ) an. Die Dicke der Bastzellen nimmt von den stumpfen oder gar abgerundeten Enden ziemlich regelmäßig gegen die Mitte hin zu. Auch an den Bastzellen dieser Pflanze ist die Verdickung der Wände im Verlauf einer und derselben Zelle ungleichmäßig, wie bei Jute und bei der Abelmoschusfaser: auch hier läuft die äußere Kontur der Zellwand der inneren nicht parallel (s. Abb. 68 *A*). Hierzu tritt aber noch die Eigentümlichkeit, daß an einzelnen Stellen der Zelle das Lumen ganz verschwindet. Da es durch Chromsäure und andere Reagenzien nicht in Erscheinung zu bringen ist, so muß man annehmen, daß diese Zellen an einzelnen Stellen völlig solid sind. Poren kommen in der Zellwand nur selten vor. Wo Wiesner solche bemerkte, hatten sie in der Flächenansicht einen rhombischen Umriß (Abb. 68). Aisslinger konnte noch eine schiefe Streifung der Fasern beobachten.

Nach Höhnel (374) ist die Urenafaser durch eine auffallend breite Mittellamelle charakterisiert, die sich mit Jod und Schwefelsäure dunkler färbt als die übrige Zellwand.

Die Bastparenchymzellen bilden Zellreihen, die den Bastzellen parallel laufen, und zwar entweder einfache oder doppelte bis dreifache. Die Breite der Bastparenchymzellen stimmt völlig mit der Breite der Bastzellen überein, die Länge ist veränderlich, meist ist sie jedoch größer als die Breite, so daß diese Zellen meist die Form von Prismen haben, deren längste Achse in die Richtung der Bastzellen zu liegen kommt. Die meisten Bastparenchymzellen enthalten Kristalle von Kalziumoxalat, von denen jeder einzelne den Hohlraum der Zelle, die ihn birgt, fast völlig ausfüllt. In der Asche lassen sich, wie schon oben erwähnt wurde, die Kristalle mit Leichtigkeit nachweisen. Sie treten hier nicht selten in ganzen Ketten auf, die ihrer Anordnung nach einem Stück Bastparenchym entsprechen. Das Aneinanderhaften der Kristalle in der Asche deutet darauf hin, daß die Membranen der diese Kristalle umschließenden Zellwände stark mit mineralischer Substanz (wahrscheinlich mit Kalziumoxalat durchtränkt sind.

Die Faser von *Urena lobata*, die in gut aufbereitetem Zustand fein, glänzend, geschmeidig und weißlich sein soll, soll von der Faser von *Urena sinuata* nicht verschieden sein.

Der Wassergehalt der lufttrockenen Faser beträgt 7,02—8,77 %, je nach dem Grade der eingetretenen Bräunung. Im mit Wasserdampf vollkommen gesättigten Raum erhebt sich der Wassergehalt der blonden Faser bis auf 15,2, der braunen Faser bis auf 16,2 %. Die Faser liefert, völlig getrocknet, 1,47 % kristallhaltige Asche (s. Abb. 68).

Jodlösung färbt die Faser goldgelb. Durch Zusatz von Schwefelsäure nimmt die Färbung kaum merklich zu. Kupferoxydammoniak bläut die Faser unter Quellungserscheinungen. Nach Vorbehandlung in Chromsäure oder Kalilauge und hierauffolgendem Auswaschen färbt sich die Faser durch Jod und konz. Schwefelsäure blau und löst sich auch in Kupferoxydammoniak vollständig auf. Anilinsulfat färbt die Faser goldgelb, Phlorogluzin + Salzsäure ruft rotviolette Färbung hervor; diese Faser ist also stark verholzt.

Die Urenafaser stimmt also in den hier angeführten Reaktionen mit der Jute und Abelmoschusfaser überein. Die auffallend breite Mittellamelle unterscheidet sie aber von den beiden Fasern, auch zeigt die Urenafaser im Gegensatz zur Jute eine kristallhaltige Asche.

Die Urenafaser wird in ihren Ursprungsländern viel benutzt zur Erzeugung von Seilen und Säcken. Besonders die Araminafaser, wie man die Faser von *Urena lobata* auch zu nennen pflegt, soll zur Herstellung von Kaffeesäcken in Brasilien als Juteersatz in Verwendung sein und infolge der günstigen Kulturerfolge trotz der seinerzeitigen Rückschläge bei der für diese Faser in Brasilien begründeten Industrie noch eine wirtschaftliche Zukunft haben.

18. Bastfaser von Bauhinia racemosa Lam. (Maloo, Aptâ). Der Bast der Stämme mehrerer *Bauhinia*-Arten wird seit langer Zeit in Indien zur Fasergewinnung benutzt, so: *Bauhinia race-*

mosa Lam. (= *B. parviflora* Vahl.), *B. macrostachya* Wall. (= *B. scandens* Roxb.), *B. purpurea* L., *B. reticulata* D. C., *B. coccinea, B. sanguina* Roxb. und besonders häufig *B. Vahlii* W. et A. Alle sind in Indien einheimisch.

Der Bast der *Bauhinia racemosa* ist tief rostbraun gefärbt, zeigt keinen Glanz und setzt sich aus groben Fasern zusammen. Durch längere Röstung zerfällt er in grobe Fasern von gleichem Aussehen mit dem Bast, dem eine Länge von 0,5—1,5 m

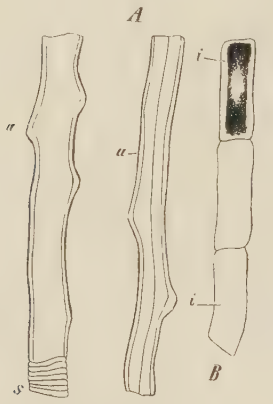


Abb. 69.
A Bruchstücke von Bastzellen aus dem Bast von *Bauhinia racemosa*. *a* äußere, stärker lichtbrechende Schicht. *s* spiralige Streifung. *B* Bastparenchymzellen. *i* brauner, körniger Zellinhalt, durch Natronlauge geschrumpft. Vergr. 300.

eigen ist. Der Bast läßt sich in grobe Fasern zerreißen, die einige Zentimeter Länge haben. Sowohl der Bast als auch die aus ihm entstandene Faser zeichnet sich durch Biegsamkeit und Festigkeit aus.

Im querdurchschnittenen Bast treten nach Wiesner (761, S. 4 und 24) in einem reich entwickelten, teils radial, teils tangential angeordneten Parenchym Bastzellen auf, meist in Gruppen, seltener vereinzelt. Die Gruppen bestehen aus prismatischen, im Querschnitt sechsseitig polygonalen, kegelförmig zugespitzten Zellen. Die Bastbündel messen im Mittel in radialer Richtung 30, in tangentialer Richtung 60 μ. — Die durch Röstung entstandene Bauhiniafaser besteht, soviel Wiesner gesehen hat, niemals aus isolierten Bastbündeln, sondern stets aus mehreren der genannten Gruppen und isolierten Bastzellen, die durch die parenchymatischen Gewebszüge fest miteinander verbunden sind.

Die Bastzellen lassen sich durch Chromsäure nur schwer, leicht dagegen durch stark alkalische Flüssigkeiten, am besten durch Natronlauge isolieren. Hierbei entfärben sich die gelblichen bis bräunlichen Bastzellen fast vollständig. Sehr bemerkenswert erscheint es, daß sich von jeder Zelle die äußerste Schicht optisch scharf abhebt. Die Länge der Zellen fällt nicht unter 1,5, scheint aber häufig über 3 mm zu steigen. Die maximalen Querschnittsdurchmesser betragen 20 μ. Die Zellen sind häufig, nämlich an den Stellen, wo sie an das Parenchym anstoßen, höckerig. Die Verdickung der Zellwand ist fast immer sehr stark und hierin liegt wohl der Hauptgrund der enormen Festigkeit der Bauhiniafaser. Manche Bastzellen hat Wiesner völlig solid gefunden. Holzsubstanz scheint in den Zellwänden der Bastzellen nicht vorhanden zu sein, da auch die Bastzellen, die, weil sie fast ungefärbt sind, die Gelbfärbung durch Anilinsulfat erkennen lassen müßten, durch dieses Reagens keine Farbenänderung erfahren. Die Biegsamkeit der Bauhiniafaser dürfte wohl auf diesem Mangel an Holzsubstanz beruhen.

Die parenchymatischen Elemente des Bauhiniabastes sind mit braunem Inhalt gefüllt, der zum großen Teil die Löslichkeitsverhältnisse der Harze besitzt, aber auch die Reaktion gewisser Gerbstoffe zeigt, indem er nämlich durch Eisenchlorid dunkelgrün gefärbt wird.

Durch Kochen mit Natronlauge werden auch die Parenchymzellen isoliert, anfänglich unter Kontraktion, später unter Auflösung des Zellinhaltes.

Das Bastparenchym führt reichlich Kristalle von Kalziumoxalat, die in der Asche leicht nachgewiesen werden können.

Lufttrocken führt die Faser 7,84, in mit Wasserdampf gesättigter Luft 19,12 % Wasser. Völlig getrocknet liefert sie 3,32 % Asche, die reichlich von kristallähnlichen Formen durchsetzt ist.

Jodlösung färbt den Bast oder die Faser schwärzlich; auf Zusatz von Schwefelsäure geht die Farbe in ein tiefes Braun über. Kupferoxydammoniak bläut die Zellen und treibt sie an einzelnen Stellen blasenförmig auf. Anilinsulfat und Phlorogluzin + Salzsäure bringen keinerlei Farbenänderung hervor.

Der Bauhiniabast und die Bastfaser werden in Indien wegen ihrer großen Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Wasser zu Seilen, Tauen, Fischernetzen und groben Geweben benützt. In die europäische Industrie hat der Faserstoff noch keinen Eingang gefunden.

19. Bastfaser von Thespesia macrophylla Bl. (= Th. Lampas Dalz.) (Râu bhend, ind.). Diese Malvacee wächst in großen Massen in den Gebirgen Concans (Hindostan) und auf dem Malaischen Archipel, wo sie zur Abscheidung einer Faser, ähnlich wie die nächstverwandte *Thespesia populnea* Corr. (= *Hibiscus populneus* L.), die auf den Südsee- und Gesellschaftsinseln und an den Küsten des tropischen Afrika vorkommt, benutzt wird.

Die Baststreifen, die sich nach vorausgegangener Röstung leicht von den Stämmen loslösen lassen, haben nach Wiesner (761, S. 2 und 5—8) eine Länge von 1—1,8 m und eine Breite von 0,5—3 cm. Durch Zerreißen läßt sich aus diesem durch große Festigkeit ausgezeichneten Bast eine feine, 5—12 cm lange Faser gewinnen. Durch stärkere Röstung des losgelösten Bastes erhält man eine feine Faser von noch größerer Länge. Die auf die eine oder andere Weise dargestellte Faser gibt ein dem Sunn nach Aussehen und sonstigen Eigenschaften nahekommendes Spinnmaterial.

Die vom untersten Stammteil herrührenden Bastpartien sind bräunlich, die übrigen Bastteile und die aus ihnen entstandene Faser gelblichweiß gefärbt und von geringem Glanz. Die innere Partie des Bastes, die an den Stämmen der Pflanze dem Holzkörper zugewandt ist, hat etwas mehr Glanz und eine lichtere, weißlichere Farbe als die äußere. Letztere unterscheidet sich von der inneren Partie durch eine netzartige Struktur. Die Maschen des Netzes sind aus zarten Bastbündeln gebildet, die zwischen sich am unverletzten Stamm die Bastmarkstrahlen aufnehmen. Im Bast, wie er nach der Röste erhalten wurde, und in der Faser fehlen die Markstrahlen fast gänzlich, aber die Räume, die sie ausfüllten, sind wohl erhalten. Die Bastbündel haben eine mittlere Breite von 300 μ. Sie bestehen nur aus Bastzellen. Bast und Faser sind von scharf zugespitzten Hohlräumen (Markstrahlenräumen) durchsetzt.

Die Bastzellen, die die Markstrahlenräume begrenzen, sind nach Wiesner (761) wellig gebaut. Die Länge einer Welle entspricht genau der Länge einer Markstrahlenzelle und beträgt 16—56, meist 46 μ. Diese Wellenformen entstehen

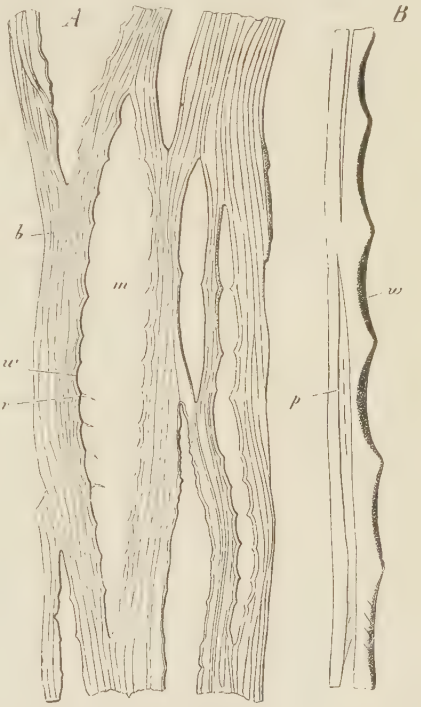


Abb. 70.
A b Bastbündel des Stammes der *Thespesia macrophylla*. *m* Markstrahlenräume. *w* Welle, entsprechend der Länge einer Markstrahlenzelle. *r* Rest der Wand einer Markstrahlenzelle. Vgr. 200. *B* Bruchstück einer Bastzelle aus dem Bastbündel des Stammes von *Thespesia macrophylla*. *w* Welle. *p* Poren der Zellwand. Vergr. 500.

durch Eindrücke der Markstrahlenzellen in die Zellwand der Bastzelle, die hierdurch mit seichten Höhlungen versehen erscheint. Diese Höhlen oder Wellen sind an zahlreichen Bastzellen unschwer nachweisbar (Abb. 70).

Die Bastzellen, die sich durch Chromsäure leicht unverletzt aus dem Gewebsverband bringen lassen, haben nach Wiesner eine Länge von 0,92—4,7 mm. Der Mehrzahl der Fälle nach sind die von der Innenseite des Bastes herrührenden Bastzellen kürzer als die übrigen. Der größte Querdurchmesser der Bastzellen beträgt 12—21, meist 16 μ [nach Aiss-

linger (48) 18—27 μ, meist 21 μ]. Die Dickenzunahme erfolgt ziemlich regelmäßig von den Enden nach der Mitte zu. Kleine Unregelmäßigkeiten kommen indes an jeder Bastzelle vor. Die Enden der Bastzellen sind langgestreckt, an den Polen kegelförmig abgerundet. Der Querschnitt der Bastzellen ist polygonal, vier- bis sechsseitig. Die Verdickung der Wände der Bastzellen ist meist so stark, daß das Lumen auf eine dunkle Linie beschränkt erscheint. An vielen Bastzellen ist die Wanddicke stellenweise so mächtig, daß gar kein Hohlraum vorhanden zu sein scheint. In diesem Fall tritt aber das Zell-Lumen stets nach Einwirkung von Chromsäure hervor. Ist die Zellwand nur so weit verdickt, daß das Lumen der Zelle im optischen Durchschnitt mit doppelter Kontur erscheint, dann erkennt man deutlich, daß die äußere Grenze der Zelle der inneren nicht parallel läuft, indem diese Zellen, gleich denen der Jute und anderer juteähnlicher Fasern eine ungleichmäßige Verdickung der Zellwand aufweisen. Porenkanäle sind an den Zellen nicht selten zu bemerken, an den Enden häufiger als in der Mitte. Die Poren der Zellwand erscheinen in der Flächenansicht kurz, parallel zur Zellachse oder schief, spaltenförmig, im Querschnitt überaus fein und bogig gekrümmt. Eine gabelförmige Teilung des Porenkanals gegen die Peripherie der Zellwand zu kommt häufig vor. Die äußeren Partien der querdurchschnittenen Bastzellen werden durch Chromsäure in konzentrische Schichten zerlegt. Die gequetschte Bastzelle zeigt eine feine schraubige Streifung.

Im Querschnitt der Bastzellen ist nach Reimers der Gegensatz zwischen der gelblichen primären und rein weißen sekundären Membran deutlich zu beobachten.

Wie schon erwähnt, ist das Gewebe der Bastmarkstrahlenzellen in der Faser nur in ganz rudimentärem Zustand anzutreffen, und es bedarf langen Suchens, bis man Zellen dieses Gewebes in der Faser auffindet. In den Markstrahlenzellen finden sich Kristallgruppen von Kalziumoxalat. So schwer es ist, diese Kristallaggregate direkt an der Faser aufzufinden, so leicht ist es, sie in der Asche nachzuweisen, wo sie sich, morphologisch ungeändert, aber in Kalk verwandelt, in Massen vorfinden.

Die Polarisation der Faser von *Thespesia macrophylla* ist nach Aisslinger (48, S. 101) nur mittelstark, die Interferenzfarben sind niedrig.

Der Rohbast von *Thespesia populnea* unterscheidet sich von dem der besprochenen Art nur durch hellere Färbung und größere Biegsamkeit. Querschnittsbilder der schwach verholzten, bis 3 mm langen, 18—24 μ dicken Fasern gleichen nach Aisslinger denen von *Th. macrophylla*.

Die lufttrockene Faser von *Thespesia macrophylla* führt 10,83 % Wasser. In mit Wasserdampf völlig gesättigtem Raum steigt die absorbierte Wassermenge bei mittlerer Temperatur bis auf 18,19 %. Die trockene Faser gibt 0,70—0,89 % Asche, die kristallähnliche Bildungen einschließt.

Jodlösung färbt die Faser goldgelb. Auf Zusatz von Schwefelsäure wird die Färbung dunkler. Kupferoxydammoniak bringt eine schwache Bläuung und Aufquellung der Zellwände hervor. Mit Anilinsulfat behandelt, nimmt die Faser eine intensiv goldgelbe Färbung an, Phloroglizin + Salzsäure färbt sie intensiv rotviolett; diese Faser ist also stark verholzt.

Der Bast und die Bastfasern können für Bindezwecke und in der Seilerei verwertet werden. Die Bastfasern von *Thespesia populnea*, die die technisch wertvollere der beiden Arten zu sein scheint, wird auch in Indien versponnen und zur Erzeugung von Kaffeesäcken benutzt.

20. Faser und Bast von Cordia obliqua Willd. (Shelti, Wadgundi; ind.). *Cordia obliqua* Willd. wird in Indien ihrer genießbaren Früchte wegen kultiviert. Junge Pflanzen, sowohl der wildwachsenden als auch der kultivierten Form, dienen zur Abscheidung einer Faser, die auch den Namen »Narawali fibre« führt. In den Distrikten Guzerate (Hindostan) ist *Cordia obliqua* Willd. (= *C. latifolia* Roxb.) besonders häufig. Zur Abscheidung der Narawali fibre soll auch *Cordia angustifolia Roxb.* dienen, doch ist diese Art mit *Cordia Rothii* Roem. et Schult. und somit mit *Cordia gharaf* Forsk. (Ägypten, Arabien, Sudan, westliches Indien) identisch, die die der Narawali fibre sehr nahestehende »Gundui fibre« liefert.

Der blaßbräunliche, fast gänzlich glanzlose Bast von *Cordia obliqua,* dessen Abscheidung durch eine kurze Röstung erfolgt, ist ungemein fest und zeigt nach Wiesner (761, S. 3 und 22—24) eine Länge von 0,5—0,9 m, eine Breite von 1—8 mm und eine Dicke von 8—16 μ. Die Bastbänder, die dem freien Auge teils dicht erscheinen, teils kleine Bastmarkstrahlräume erkennen lassen, können wie der Lindenbast verwendet werden, wären diesem aber wegen der größeren Festigkeit vorzuziehen. Auf den Bast anderer Cordia-Arten kommen wir weiter unten (Nr. 22) noch einmal zu sprechen.

Durch Röstung des Bastes wird die Narawali fibre erhalten.

Der Bast besteht aus dicht gedrängt stehenden Bastbündeln, die nur durch schmale Züge von zum großen Teil wohlerhaltenen Markstrahlen durchsetzt sind.

Die Bastzellen können durch Chromsäure leicht aus dem Verband gebracht werden. Sie zeigen eine große Gleichmäßigkeit in der Länge, die fast immer nur zwischen 1—1,6 mm schwankt. Auch die maximale Dicke der einzelnen Bastzellen ist im Verlauf des ganzen Gewebes nur wenig veränderlich. Diese Dimension liegt gewöhnlich zwischen 14,7 und 16,8 μ. Die Enden der Bastzellen sind lang zugespitzt. Die Breite der Zellen nimmt regelmäßig nach der Mitte hin zu. Unregelmäßigkeiten in der Form der Bastzellen, nämlich keulenförmige Enden, Ausbuchtungen u. dgl., sind nur selten zu beobachten. Das Lumen ist im mittleren Teil der Zelle weiter als an den Enden (Abb. 71 *A*), die Verdickung der Zellwände ist im allgemeinen nur mäßig stark. Eigentümlich sind die Poren der Zellwand. Sie verlaufen häufig sehr steil; viele haben in der Flächenansicht eine winklige Gestalt (Abb. 71 *C*). Eine Streifung der Zellwand konnte Wiesner hier weder an der mit Reagenzien behandelten noch an der gequetschten Bastzelle wahrnehmen.

Die Bastmarkstrahlen bestehen der Hauptmasse nach nur aus wenigen meist 42 μ langen, etwa 15 μ breiten Zellen, oft gar nur aus einer einzigen Zellenreihe. Diese Zellen führen teils Stärkekörnchen, teils Kalziumoxalat. Erstere überwiegen weitaus. Die Stärkekörnchen sind teils einfach, teils zusammengesetzt und bestehen dann aus 2—3 Teilkörnern, von rundlicher, meist schwach ellipsoidischer Gestalt, deren längster Durchmesser 2,5 bis 3,9 μ ist. Das Kalziumoxalat tritt in den Zellen in Form von rundlichen, den Innenraum der Markstrahlzellen fast gänzlich erfüllenden Aggregaten auf.

In den Bastbündeln scheinen außer den Bastzellen keinerlei andere histologische

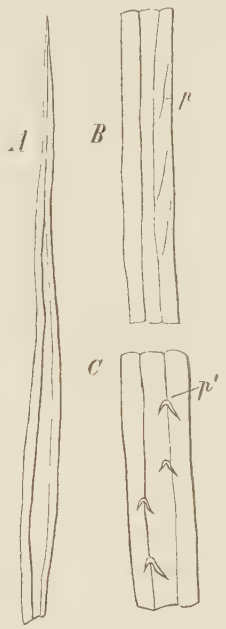


Abb. 71.
Bruchstücke von Bastzellen aus dem Stamme der *Cordia latifolia*. *A* natürliches Ende einer Bastzelle. *p, p'* Poren der Zellwand. Vergr. 300.

Elemente aufzutreten. Parenchymatische Gewebselemente, wie Bastparenchymzellen usw., scheinen gänzlich zu fehlen.

Die lufttrockene Faser enthält 8,93 % Wasser. In mit Wasserdampf gesättigter Luft steigt die Wassermenge bis auf 18,22 %. Die trockene Faser gibt verhältnismäßig viel, nämlich 5,54 % Asche.

Jodlösung färbt die Faser schmutziggelb mit einem Stich ins Grünliche. Auf Zusatz von Schwefelsäure tritt die grünliche Färbung noch deutlicher hervor. Das Grün ist hier Mischfarbe aus Gelb und Blau, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt. Die gelbe Farbe entsteht durch Einwirkung der Jodlösung auf die Zellwände, die blaue durch die Wirkung der Jodlösung auf die Stärkekörnchen

der Bastmarkstrahlen. Kupferoxydammoniak färbt die Faser blaß bläulich. Die freiliegenden Zellen werden an den Enden durch das Reagens zu schwacher Aufquellung gebracht. Anilinsulfat färbt den Bast isabellgelb, Phlorogluzin + Salzsäure ruft eine rotviolette Färbung hervor; die Faser ist mithin stark verholzt.

In der Asche sind die Kristallaggregate wohl leicht aufzufinden; aber ihre Gestalt erscheint so regellos, daß man es kaum mit morphologisch ungeänderten Kristallaggregaten zu tun zu haben glaubt. Nach Vorbehandlung mit Weingeist und Einlegen in Kanadabalsam erkennt man den kristallinischen Charakter dieser Aggregate viel genauer. Auch lassen sich diese etwas klumpigen Massen dadurch als die Abkömmlinge des Kalziumoxalats der Markstrahlenzellen erkennen, daß sie sich durch Einwirkung von Schwefelsäure in Kristallnadeln von Gips umsetzen.

Die Narawali fibre wird in ihren Heimatländern zur Verfertigung grober Gewebe, von Seilen, Tauen, Netzen usw. verwandt.

c) Baste dikotyler Pflanzen.

Von vielen dikotylen Holzgewächsen läßt sich direkt oder nach schwacher Röstung der Bastteil des Gefäßbündels in zusammenhängenden breiten Streifen von den Stämmen ablösen. Aber nur wenige liefern rasch und ohne Mühe viel, langen, breiten und festen Bast, wie er zur Herstellung von Matten, zum Binden, zur Verpackung gewisser Waren, zu Flechtarbeiten, Baststricken und ähnlichen Zwecken erforderlich ist.

Von europäischen Holzgewächsen hat sich die Linde als für die Bastgewinnung besonders geeignet erwiesen. Auch die Ulme liefert einen brauchbaren, aber in der Güte dem Lindenbast nicht gleichkommenden Bast. Von den europäischen Holzpflanzen wird auch die Weide als bastliefernd bezeichnet. — Von tropischen Holzgewächsen hat man viele auf Bast auszubeuten versucht, wie die oben mitgeteilten Daten lehren. Die wichtigsten tropischen Bastarten stammen von einigen *Grewia*-Arten (Holzpflanzen aus der Familie der Tiliaceen), *Sterculia*-Arten, von *Holoptelea integrifolia, Kydia calycina, Gnidia eriocephala, Trema orientalis, Cordia obliqua* und *Thespesia macrophylla* (= *Th. lampas*). Der Bast der zwei zuletzt genannten Pflanzen wurde schon oben Nr. 15 und 16 besprochen.

21. Lindenbast. Der Bast der europäischen Linden, vorzugsweise der *Tilia cordata* Miller (= *T. parvifolia*) und *T. platyphyllos* (= *T. grandifolia*) wird bei uns wohl überall nur im Kleinbetrieb dargestellt. Im großen Maßstab wird er in Rußland gewonnen.

Die zur Bastgewinnung dienlichen Stämme werden gefällt. Wenn die Bäume einen Durchmesser von 30—40 cm erlangt haben, sind sie zur Bastabscheidung am geeignetsten. Das Schälen der Bäume wird Mitte Mai vorgenommen. Zu dieser Zeit läßt sich die Rinde leicht vom Holzkörper ablösen, was in der Weise geschieht, daß man mit dem Rücken eines Beiles die Stämme gelinde klopft, worauf die Rinde sich leicht in Streifen von 6 bis 9 cm Breite abziehen läßt. Diese Rindenstreifen, auch Röhren genannt, werden in lockere Bündel zusammengefaßt und ähnlich dem Hanf einer Kaltwasserröste unterworfen. Gewöhnlich läßt man die Rindenpäcke in stagnierendes Wasser tauchen, indem man sie entweder mit Steinen beschwert oder in der Weise wie bei der Hanfröste durch Pfähle zum Untertauchen zwingt. Ende Oktober ist die Röste so weit vorgeschritten, daß sowohl das etwa noch vorhanden gewesene kambiale als auch das Gewebe der Außen-, Mittelrinde und der Bastmarkstrahlen zerstört ist. In dieser Zeit werden die Bündel aus dem Wasser genommen, die einzelnen Streifen, die nunmehr nur noch aus den Bastlagen bestehen, in reinem Wasser ausgespült und zum Trocknen aufgehängt. Nach dem Trocknen lassen sich die einzelnen Jahreslagen des Bastes leicht voneinander trennen. Diese Spaltung des Bastes in die Jahresschichten wird wirklich vorgenommen und hierauf die Ware sortiert. Ein Baum von 10 m Höhe und 30—40 cm Durchmesser liefert eine Bastmenge, aus der sich angeblich 10—12 Matten flechten lassen. Rußland hat früher jährlich über 14 Millionen Stück Matten (Sack-, Segel-, Tabakmatten usw.) geliefert, von denen etwa der vierte Teil exportiert wurde. Die aus den jüngsten Bastschichten bestehenden Matten sind feiner als die von den alten. Die Preise

der gröbsten und feinsten Matten verhielten sich zueinander etwa wie 1 : 4.

Der im Handel erscheinende Lindenbast hat eine Länge von 1—2,5 m und eine sehr wechselnde Breite, die aber häufig zwischen 2—5 cm schwankt. Eine Bastlage hat eine Dicke von 40—80 μ. Die von den innersten Jahreslagen herrührenden Baststreifen sind meist nur schwach gelblich gefärbt, seltener fast rein weiß. Die den älteren, äußeren Bastlagen entsprechenden Streifen sind dagegen stets gelblich bis bräunlich. Der Lindenbast ist nie dicht im Gefüge, sondern setzt sich aus Bündeln zusammen, die, netzartig miteinander verflochten, Maschenräume zwischen sich freilassen, die am unverletzten Stamm von den Zellen des Bastmarkstrahlengewebes dicht erfüllt sind. Durch den Röstprozeß wird dieses Gewebe fast gänzlich zerstört. Die Markstrahlenräume sind nicht sehr scharf zugespitzt und seitlich wellenförmig konturiert. Jede Welle hat eine Länge von 18—21 μ und entspricht der Einsenkung einer Bastmarkstrahlzelle. Dort, wo zwei Wellen aneinanderstoßen, haften häufig noch Zellwandreste, nämlich Stücke jener Zellwände der Markstrahlenzellen, die senkrecht auf die Grenze des Markstrahlenraumes zulaufen.

Lufttrocken führt der Lindenbast 6,20, in mit Wasserdampf gesättigter Luft 17,7 % Wasser. Der völlig trockene Bast gibt 1,89 % Asche, die spärlich von bestimmt geformten großen Kristallen durchsetzt ist, über die noch weiter unten gesprochen wird.

Jodlösung färbt den Bast goldgelb; auf Zusatz von Schwefelsäure wird er schmutzigbraun. Kupferoxydammoniak bläut die Faser des Bastes, ohne sie zum Aufquellen zu bringen. Mit Anilinsulfat behandelt wird jeder Lindenbast deutlich gelb, mit Phlorogluzin + Salzsäure rötlich violett gefärbt. Die weißen Innenlagen gut gerösteter Bastsorten nehmen, mit Anilinsulfat behandelt, eine blaß zitrongelbe Farbe an, während alter und schlecht gerösteter Bast sich ganz intensiv eigelb färbt. Ebenso erfolgt durch Phlorogluzin + Salzsäure eine stärkere Rotviolettfärbung bei älterem Bast. Älterer Lindenbast erscheint somit stärker verholzt als junger.

In der Flächenansicht des Bastes macht sich sofort bemerkbar, daß er sehr reich an parenchymatischen Elementen ist. Es sind nicht nur die Bastmarkstrahlenräume durchweg von parenchymatischen Zellen begrenzt, sondern derartige Zellen nehmen auch an der Zusammensetzung der inneren Bündelteile vorwiegend teil.

Auf dem Querschnitt erkennt man, daß vorwiegend dünnwandige Elemente mit verhältnismäßig breitem Querschnitt die Zellenbündel des Lindenbastes bilden und daß nur schmale Züge von dickwandigen Bastzellen und vereinzelte Bastzellen in die Zellverbindung eintreten.

Es ist nicht leicht, die Zellen des Lindenbastes unverletzt außer Zusammenhang zu bringen, und daher ist es fast unmöglich, genaue Zahlen für die Längen der faserförmigen Elementarteile dieses Bastes zu gewinnen. Die nachfolgenden Zahlen können deshalb keinen Anspruch auf Genauigkeit machen.

In den Zellenbündeln des Lindenbastes kann man zweierlei Elementarbestandteile unterscheiden, nämlich Bastparenchymzellen und Bastzellen. Siebröhren und Phloemparenchymzellen haften dem Lindenbast auch manchmal an.

Die Bastparenchymzellen haben meist eine Breite von 18—27 und eine Länge von 45—75 μ. Doch kommen nicht selten auch kürzere und längere derartige Zellen vor. Die Wände dieser Zellen sind porös, besonders an den Querwänden. Die langgestreckten Bastparenchymzellen enden häufig gabelförmig. In den Bastparenchymzellen finden sich Kristalle von Kalziumoxalat, deren Länge nicht selten 42 μ beträgt und die in der Flächenansicht als stark in die Länge gezogene Sechsecke erscheinen, deren Längsachse durch zwei Ecken hindurchgeht. Solche Kristalle lassen sich besonders leicht in der Asche des Bastes nachweisen, wo sie jedoch nicht massenweise auftreten. — Die Siebröhren teilen die Größe des Querschnitts mit den Bastparenchymzellen, sind jedoch im allgemeinen länger. In gut gerösteten Basten fehlen die Siebröhren vollständig, ebenso alle größeren Markstrahlen.

Das Lumen der sehr dickwandigen, nach Wiesner 1,11—2,65 mm langen Bastzellen erscheint im Querschnitt meist

nur als Punkt. An einzelnen Bastzellen verbreitert sich der gewöhnlich nur 15 μ betragende Querschnittsdurchmesser in der Mitte bis etwa auf das Doppelte.

In Rußland wird der Lindenbast zur Erzeugung von Matten (»Bogoscha«) benutzt. Er findet aber auch zum Binden, besonders in der Gärtnerei, ausgedehnte Anwendung, ferner zur Herstellung von Bindestricken, Brunnenseilen, Trockenschnüren, in der Papierfabrikation usw.

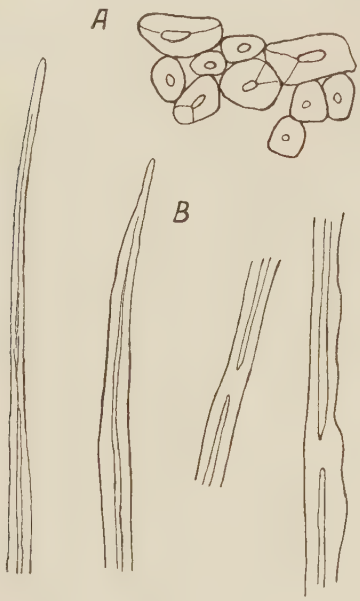


Abb. 72.
Bast von *Cordia gerascanthus*. *A* Querschnitt von Einzelfasern. *B* Einzelfaser (Längsansicht). Vergr. 330. (Nach G. Tobler.)

Die aufbereitete Faser kann auch für grobe Gewebe, für Netze, Hüte und feine Schnüre benutzt werden. Der russische Lindenbast wird unter anderm in großer Menge nach England gebracht, wo er als Russian Bast bekannt ist, für den es aber in verschiedenen indischen Bastarten Ersatzprodukte gibt. Ausgedehnte Anwendung zu Matten und auch zu groben Seilen findet der Bast der amerikanischen Linden, besonders der weitverbreiteten *Tilia americana* L. (von Virginien bis zum Alleghanygebirge, in Georgien, Nebraska und Kansas).

Der Bast der Ulmen (*Ulmus effusa* Willd., *U. campestris* L.), von dem Lindenbast durch bräunliche Farbe und geringere Festigkeit und Dauerhaftigkeit unterschieden, wird manchmal ähnlich wie der Lindenbast gewonnen und verwendet. Hartig (302, S. 465) meint, daß die Ursache der geringen Haltbarkeit des Ulmenbastes gegenüber dem von Linden darin zu suchen sei, daß die Bastbündel der Rüster bei weitem nicht so groß und die Bastfasern in den Bündeln untereinander lange nicht so fest verbunden sind wie bei der Linde.

22. Cordia-Bast. Über den Bast von *Cordia obliqua* Willd. (= *C. latifolia* Roxb.) wurde schon gelegentlich der Beschreibung der Narawali fibre unter Nr. 20 gesprochen.

Gertrud Tobler (706) hat uns aber noch mit dem Bast zweier in Ostafrika wachsender Cordia-Arten, und zwar von *Cordia Holstii* (in Ostafrika heimisch) und *C. gerascanthus* Jacqu. (aus dem tropischen Amerika stammend und in Ostafrika kultiviert), bekannt gemacht.

Die Gewinnung dieser beiden Cordiabastsorten erfolgt nach G. Tobler vorteilhaft von jungen (noch nicht zwölfjährigen) Stämmen durch Abziehen der etwa 4 cm breiten, 1 m langen Streifen nach dreiwöchentlichem Einlegen in Wasser. Die Baststreifen werden sodann sorgfältig abgebürstet und zur Verbesserung der nun etwas schmutziggrauen Färbung einer ein- bis zweitägigen Behandlung mit 1%iger Schwefel- oder Zitronensäure unterzogen. Nach dem Auswaschen, nochmaligen Abbürsten und Trocknen an der Sonne ist der Bast schön gelb und glänzend. Die leichte Säurebehandlung vermindert allerdings etwas die Festigkeit des Bastes, kann aber durch eine die Festigkeit nicht beeinflussende Behandlung des Bastes mit Seifenwasser nicht vollwertig ersetzt werden.

Der Bast, der nach der angegebenen Zubereitung nur aus Bastfasern besteht, wird nach G. Tobler aus einem unregelmäßigen Netz mit linsenförmigen Maschen gebildet, das beim Rohbast von *Cordia Holstii* weniger und größere Poren aufweist, während das von *C. gerascanthus* mehr durchlöchert und feiner porös erscheint.

Die Bastzellen haben bei *C. Holstii* nach G. Toblers Messungen eine Länge von 8 mm, bei *C. gerascanthus* eine von 9 mm bei einer Breite von 12—16 μ oder meist

15 μ. Bei *C. Holstii* kommen gelegentlich auch sehr kurze und dicke Fasern (400 μ lange, 25 μ dicke) vor, während sie bei *C. gerascanthus* im allgemeinen mehr gleichmäßig entwickelt sind.

Die Faserenden sind mäßig spitz, bei letztgenannter Art mehr ausgezogen als bei erstgenannter. Das ungleichmäßig, oft knotig unterbrochene Lumen der im Querschnitt meist polygonalen, nicht selten viereckigen, ziemlich locker stehenden Einzelfasern reicht bis fast an das Faserende. Poren sind deutlich zu beobachten.

Bezüglich der Festigkeit konnte G. Tobler feststellen, daß der Cordiabast den Lindenbast an Festigkeit übertreffe, wenn auch die Festigkeit der Raphiafaser nicht erreicht werde.

G. Tobler gibt die Reißlänge der Baststreifen in Kilometern an, und zwar bei

Linde	Max.	19—20 km
C. Holstii . . .	„	26—27 „
C. gerascanthus	„	23 „
Raphia . . .	„	28 „

Der Cordiabast, der nach G. Tobler mit verhältnismäßig geringen Erzeugungskosten gewonnen werden kann und in reichlichen Mengen zur Verfügung stehen dürfte, wird für Bindezwecke und für die Hutindustrie empfohlen.

23. Bast von Sterculia villosa Roxb. (Oodal, Udali; ind.). Der streifenförmige Bast dieses in den Gebirgsgegenden Indiens, vornehmlich in Concan und Canara häufigen, baumartigen Gewächses hat nach Wiesner (761) eine Länge von 0,2—0,6 m, eine Breite von 1—3 cm und eine Dicke von 0,4—2 mm. Er ist völlig glanzlos, gelblich, mit einem Stich ins Zimtbraune gefärbt und zeigt einen lockeren, netzartigen Bau. Die netzartige Struktur rührt hier, wie bei allen anderen Bastarten, von den Bastmarkstrahlenräumen her, die aber hier nicht nur sehr zahlreich auftreten, sondern auch nach Länge und Breite verhältnismäßig sehr stark entwickelt sind. Der Bast besteht aus mehreren Schichten, läßt sich aber nicht so leicht wie der Lindenbast zerlegen (s. Nr. 21). Dünne Stücke, die in der Dimension der Dicke mit Lindenbast übereinstimmen, stimmen auch in der Festigkeit mit diesem zum mindesten überein. Feinere, flachsartige Fasern, die man vom Sterculiabast abtrennen kann, sind dagegen sehr schwach.

Lufttrocken führt der Bast 8,86, in mit Wasserdampf gesättigter Luft 18,69 % Wasser. Der völlig getrocknete Bast gibt 3,13 % Asche, die reichlich von Kristallen durchsetzt ist.

Jodlösung färbt den Bast goldgelb, bis auf einzelne feine Längsstreifen, die bei Behandlung mit diesem Reagens eine schwärzliche Farbe annehmen. Auf Zusatz von Schwefelsäure färbt sich der ganze Bast durchweg, aber ungleich schmutziggrün. Kupferoxydammoniak bläut die Bastbündel, ohne sie zum Aufquellen zu bringen. Nur die zufällig freiliegenden Bastzellen werden durch dieses Reagens deutlich aufgetrieben. Diese Faser ist stark verholzt.

Wie dick der Bast auch erscheinen mag, so haben doch die ihn zusammensetzenden Bastbündel nur gewöhnliche Dimensionen. Ihr Querschnitt mißt nämlich in der Richtung der Tangente 130—290 μ, in der Richtung des Radius 60—150 μ. Die Dicke dieses Bastes kommt nur durch mehrfache Bastlagen zustande, indem er von mehrjährigen Stämmen abgenommen wurde, die Röstung aber nicht, wie dies z. B. beim Lindenbast der Fall ist, eine Spaltung des ganzen Bastkörpers in die einzelnen Bastlagen vollzieht. Eine Scheidung des Bastes in Jahreslagen wie bei der Linde kommt in den tropischen Basten wegen der ununterbrochenen Vegetation der Stämme nicht vor.

Jede Bastlage besteht aus Bastbündeln und Markstrahlen. Die letzteren sind an dem künstlich abgelösten Bast nur noch in Resten vorhanden. Aber auch die rückständigen Markstrahlenzellen sind nicht unverletzt, sondern weisen meist stark zerstörte Wände auf. Es haften daran gewöhnlich Stärkekörnchen, die einfach und elliptisch sind und deren größter Durchmesser etwa 7 μ ist.

Die Bastzellen des Sterculiabastes, die sich durch Chromsäure leicht isolieren lassen, haben eine Länge von 1,52 bis 3,55 mm und eine maximale Dicke von 17—25 μ. Es ist sehr bemerkenswert, daß die größten Querschnitte der einzelnen Bastzellen sehr gleichmäßig sind und fast immer 20 μ messen. Auch die Form der Bastzellen muß als sehr konstant bezeich-

net werden. Die Dicke dieser Zellen nimmt nämlich von den stets abgestumpften Enden gleichmäßig bis zur Mitte zu. Die mittlere Partie fast jeder Bastzelle ist etwas angeschwollen. Die Zellwand weist eine höchst charakteristische Verdickung auf. Die mittlere angeschwollene Partie der Zellwand ist nämlich wohl kaum schwächer als die anderen Stellen verdickt, aber das Lumen ist in der Mitte der Zelle verhältnismäßig groß. Abgesehen von diesem breiten Raum inmitten der Zelle ist deren Innenraum so

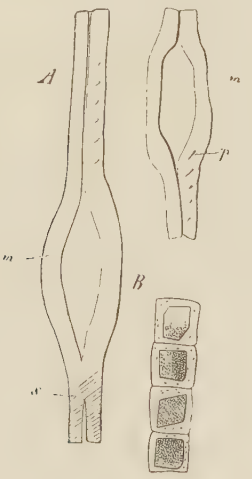


Abb. 73.
A Bruchstück einer Bastzelle aus dem Stamme der *Sterculia villosa*. *m* Angeschwollene, relativ schwach verdickte mittlere Partie der Faser. *p* Poren der Zellwand. *s* Spiralige Streifung der gequetschten Wand. *B* Bastparenchym mit Kristallen von Kalziumoxalat. Vergr. 300.

schmal, daß er nur als dunkle Linie erscheint oder seine Gegenwart gar nicht zu erweisen ist. In der Wand sind häufig kurze, schief verlaufende Poren zu sehen. Durch Quetschung tritt an der isolierten Bastzelle stellenweise sehr deutlich eine feine Spiralstreifung hervor (Abb. 73).

Das Bastparenchym bildet ein-, seltener zwei- und mehrreihige Zellenzüge, die den Richtungen der Bastzellen folgen. Die Breite der Bastparenchymzellen entspricht entweder völlig der der Bastzellen oder ist etwas größer. Ihre Wände sind stets deutlich porös. Jede Zelle enthält einen Kristall von Kalziumoxalat (Abb. 73).

Die Asche der Faser ist überaus reich an Kristallen, die oft noch in ganzen Zügen aneinanderhaften.

Der Sterculiabast wird in Indien schon lange zur Herstellung von Bindfaden, Stricken, Seilen usw. verwandt und wird auch zur Papiererzeugung empfohlen.

Zur Gewinnung von Bast und Bastfasern werden auch noch andere *Sterculia*-Arten herangezogen, siehe die systematische Übersicht der Faserpflanzen, B. I.

24. Bast von Holoptelea integrifolia Planch. (Wawla; ind.). Die im Westen Indiens und auf Ceylon häufig vorkommende, zu den Ulmaceen gehörige *Holoptelea integrifolia* Planch. (= *Ulmus integrifolia* Roxb.) liefert einen gelblichen, stellenweise graubräunlich gefärbten, fast völlig glanzlosen Bast. Nach Semler soll die Pflanze auch in Westindien kultiviert, die Faser dort aber wenig benutzt werden. Die durch Röstung erhaltenen Baststreifen sind nach Wiesner (761, S. 3 und 17—18) 0,7—1 m lang, 3—5 mm breit und 60—90 μ dick. Die Außenseite des Bastes ist glatt, die Innenseite rauh, nicht selten weißlich. Diese Bastsorte ist dichter als Lindenbast und die meisten anderen Bastarten. Große Strecken des Bastes erscheinen dem freien Auge völlig dicht und homogen, andere sind von kurzen, beinahe elliptischen Spalten durchsetzt, an deren Stelle in der Rinde die Bastmarkstrahlen lagen. Trotz dieses dichten Gefüges ist die Festigkeit dieses Bastes doch nicht groß, selbst breite Streifen sind leicht zerreißbar.

Der Wassergehalt des lufttrockenen Bastes beträgt 9,73 %. Im feuchten Raume steigert sich der Wassergehalt bis auf 23,12 %. Der Bast gibt 4,79 % an kristallreicher, in Wasser beinahe ganz löslicher Asche.

Jodlösung färbt die Hauptmasse des Bastes gelb. Nur kleine Längsstreifen, die dem stärkereichen Bastmarkstrahlengewebe entsprechen, nehmen hierbei eine für das freie Auge schwärzliche Farbe an. In Kupferoxydammoniak färbt sich der Bast bläulich. Die freiliegenden Bastzellen quellen hierbei merklich auf. Die Bastfaser ist stark verholzt.

Der Bast enthält außer den zwischen 0,88 und 2,13 mm langen, 9—14 μ im Maximum (im Mittel 12 μ) breiten, meist spitz, seltener kolbig endenden, meist stark und ungleichmäßig verdickten, im

Querschnitt polygonalen, in der Regel ziemlich gleichmäßig von den Enden gegen die Mitte hin an Breite zunehmenden Bastzellen noch kristallführendes Bastparenchym und stärkeführende Bastmarkstrahlenzellen.

Die Markstrahlenzellen dieses Bastes sind zumeist schon so stark zerstört, daß sich die Konturen der Zellen nicht mehr deutlich erkennen lassen. Wiesner beobachtete rundliche, mäßig verdickte Markstrahlenzellen mit einem Durchmesser von 50 μ. Die Markstrahlen sind mit Stärke erfüllt, deren Körnchen einfach oder zu zweien oder dreien kombiniert sind, einen elliptischen Umriß und einen Längendurchmesser von 3 μ aufweisen.

Die Bastparenchymzellen teilen die Breite mit den Bastzellen. In der Richtung der letzteren sind sie etwas in die Länge gestreckt. Jede Bastmarkstrahlenzelle enthält einen ihren Hohlraum fast völlig erfüllenden Kristall von Kalziumoxalat.

Der Wawlabast kann wie Lindenbast verwandt werden.

25. Bast von Kydia calycina Roxb. (Warang, Wilia; ind.). Der Bast dieser auf den Ghats im westlichen Indien häufigen Sterculiacee hat nach Wiesner (761, S. 2 und 18—20) eine Länge von 0,9—1,3 m, eine Breite von 2—8 mm und eine Dicke von 70—100 μ. Die Außenseite ist gelblich gefärbt, glatt und schwach glänzend; die Innenseite matt, weiß, beinahe kreideartig. Auf den ersten Blick erscheint der Bast ziemlich dicht; genauer, besonders im durchfallenden Licht betrachtet, werden zahlreiche feine Längsklüfte erkennbar, die einem Markstrahlengewebe, das an diesen Stellen vorhanden war, aber zerstört wurde, ihr Entstehen verdanken. Breite Baststreifen, wie sie sich vom Stamm leicht ablösen lassen, haben eine beträchtliche Festigkeit, feine davon abgetrennte Fasern, von der Dicke einer spinnbaren Faser, fallen nur kurz aus und sind sehr schwach.

Lufttrocken führt der Kydiabast 8,63, in mit Wasserdampf gesättigter Luft 19,44 % Wasser. Er gibt 7,23 % Asche. Kristalleinschlüsse sind in der Asche sehr wenig vorhanden.

Jod färbt den Bast schmutziggrün, auf Zusatz von Schwefelsäure grasgrün. Die grüne Farbe ist Mischfarbe von Blau und Gelb; das Blau rührt von der durch Jod gefärbten Stärke, das Gelb von den Zellwänden her. Kupferoxydammoniak ruft schwache Bläuung und schwache Quellung hervor. Der Bast ist stark verholzt. Es ist höchst bemerkenswert, daß dieser Bast durch Chromsäure nur sehr schwer und unvollständig in seine Elemente zerlegt werden kann; besser, wenn auch gerade nicht vollständig, gelingt die Zerlegung durch Natronlauge, wobei die Bastzellen eine gelbe Farbe annehmen, während die parenchymatischen Anteile fast ungefärbt bleiben.

Die Bastbündel sind von zahlreichen kurzen Markstrahlen durchsetzt, die, von der Fläche aus betrachtet, meist nur 0,7 bis 2,1 mm lang und 0,05—0,26 mm breit sind. Nur an den Stellen des Bastes, die von den unteren Stammteilen herrühren, kommen noch längere und breitere Markstrahlen vor. Die Kleinheit der Markstrahlen erzeugt das homogene Aussehen dieses Bastes. Das Markstrahlengewebe ist meist noch sehr gut erhalten, wie schon die Betrachtung unter der Lupe erweist, wo jeder Markstrahl als kreideweißer Strich erscheint.

Die Bastbündel setzen sich aus schwer meßbaren bzw. isolierbaren, im Maximum 16,8—24,2 μ breiten, vielleicht 1—2 mm langen Bastzellen und Bastparenchym zusammen. Die Enden der mäßig stark und unregelmäßig verdickten, mit Porenkanälen häufig versehenen Bastzellen sind spitz, die Zellform ist regelmäßig, sowohl was den Querschnitt als was die Dickenzunahme von der Spitze nach der Mitte zu betrifft.

Das spärlich anhaftende Phloemparenchym besteht aus siebartig verdickten Zellen.

Die im ganzen sehr wohlerhaltenen, reichlich mit einfachen, elliptischen, 4 μ großen Stärkekörnern erfüllten Bastmarkstrahlen, besitzen, von der Fläche gesehen, eine Länge von nahezu 50, eine Breite von 30 μ. Die Zellen des Bastmarkstrahlengewebes führen auch hin und wieder kleine Mengen von Kalziumoxalat in Form von die Zelle erfüllenden Kristallaggregaten.

Die Aschenmenge ist infolge starker Imprägnation der Zellwände mit minera-

lischen Substanzen verhältnismäßig groß, was sich dadurch zu erkennen gibt, daß in der Asche eine große Menge gut erhaltener Zellwandskelette auftritt. Nebenher finden sich auch Kristallaggregate, die dem Markstrahlengewebe entstammen.

Der Kydiabast kann wie Lindenbast verwertet werden; zur Herstellung einer Spinnfaser ist er aber nicht tauglich.

26. Bast von Gnidia eriocephala (Wall.) Meißn. (*Lasiosiphon speciosus,* Decn.) (Râmeta; ind.). Der Bast dieses auf den Ghats in Deccan häufigen kleinen Baumes hat nach Wiesner (761, S. 3 und 13—15) eine Länge von 1—1,2 m und eine Breite von 2—7 mm. Die Dicke beträgt 0,5—1,0 mm. Bei der Eintrocknung bildet der Bast ein dichtes anscheinend homogenes Ganzes, doch ist er geschichtet. Schon mit freiem Auge erkennt man, daß zahlreiche (einem an Ort und Stelle zugrunde gegangenen Bastmarkstrahlengewebe ihr Entstehen verdankende) Hohlräume in Form feiner Längsspalten den Bast durchziehen. Der Bast hat nur wenig Glanz und ist rein weiß. Seine Oberfläche ist mit feinen, baumwollartigen Fasern, den sich von selbst ablösenden Zellen des Bastgewebes, bedeckt.

Der Bast als solcher hat eine enorme Festigkeit. Er läßt sich mechanisch sehr leicht in lange, flachsähnliche Fasern, durch weitere mechanische Bearbeitung selbst in eine baumwollartige, jedoch kurzfasrige Masse zerlegen.

Die lufttrockene Faser führt 8 % Wasser. Im Maximum der Sättigung steigt der Wassergehalt bis auf 18,67 %. Die völlig getrocknete Faser liefert 3,31 % kristallfreie Asche.

Befeuchtet man die Faser mit Jodlösung, so nimmt sie sofort eine olivgrüne Grundfarbe an, in der sich eine große Zahl schwärzlicher Flecke bemerkbar macht. Auf Zusatz von Schwefelsäure nimmt die Faser für das freie Auge eine ziemlich gleichmäßige schwarzgrüne Farbe an. Die dunkle Farbe rührt von den durch Jod tiefblau gefärbten Stärkekörnchen der Markstrahlen her. Die dem freien Auge grün erscheinende Farbe verdankt ihr Entstehen sowohl den Zellwänden des Gewebes, die mit Jod eine gelbe, als auch den Stärkekörnchen der kleinen Markstrahlen, die mit demselben Reagens eine blaue Farbe annehmen, wie die mikroskopische Beobachtung lehrt. Kupferoxydammoniak färbt die Faser sofort unter starker Aufquellung blau. Durch Anilinsulfat wird der Bast isabellgelb, durch Phlorogluzin und Salzsäure rotviolett gefärbt, er ist also verholzt.

Der verhältnismäßig dicke Bast ist auch im Vergleich zum Querschnitt des Stammes als mächtig entwickelt anzusehen. Wiesner fand, daß ein einjähriger Stamm von 3 mm Durchmesser eine Bastlage enthielt, die in radialer Richtung gemessen 0,29 mm betrug. Zieht man an einem trockenen Exemplar die Rinde vom Stamm ab, so erkennt man, daß der Bast zum Teil aus losen Fasern besteht. Also schon an der Pflanze selbst, bei der Eintrocknung des Rindengewebes ist ein starker Schwund oder ein Zerreißen der sogenannten Interzellularsubstanz (Mittellamelle) der Bastzellen eingetreten. Es ist leicht einzusehen, daß dieser partiellen Freilegung der Zellen durch den Prozeß der Röstung, der zur Abscheidung des Bastes in der Tat angewandt wird, noch mehr Vorschub geleistet werden muß. Hierdurch erklärt sich der feinfasrige Charakter dieses Bastes und sein baumwollartiges Äußeres.

Im Bast treten neben den Bastzellen noch reichlich parenchymatische Zellen, teils in Form von Markstrahlen, teils in Form von Rinden- und Bastparenchym auf.

Die Bastzellen haben nach Wiesner eine Länge von 0,42—5,08 mm und eine Dicke von 8—29 μ. Der Umriß der Zellen ist sehr wechselnd. Eine gleichmäßige Dickenzunahme von den Enden gegen die Mitte zu kommt an dieser Faser beinahe niemals vor. Fast an jeder Zelle treten plötzliche Erweiterungen und Verjüngungen auf. Bastzellen mit schmalen Enden und breiter Mitte überwiegen. Aber auch der umgekehrte Fall gehört nicht zu den Seltenheiten. Die Zellenenden sind meist spitz, nicht selten kolbig oder unregelmäßig. Die Querschnitte der Zellen sind meist polygonal, selten rund. Strukturverhältnisse sind an der von der Fläche aus gesehenen Zelle nur selten wahrzunehmen. Hin und wieder erkennt man zarte, spaltenförmige Poren (Abb. 74 *C, p*). Eine Streifung der Zellwand ist direkt nicht

erkennbar. Wohl aber tritt sie bei der Quetschung der Zellen deutlich hervor und erscheint dann in Form feiner, zur Längsrichtung senkrechter Linien. Auf dem Querschnitt der Faser ist die Streifung im Umfang der Membran angedeutet. Es hat den Anschein, als verliefe die Streifung in den peripheren Partien der Wand senkrecht, in den inneren schief gegen die Grenzflächen der Zelle. Die inneren Partien der Wand erscheinen nämlich häufig spiralförmig gestreift.

Markstrahlengewebe und Bastparenchym sind am Bast stark entwickelt. Auch Reste des Rindenparenchyms sind noch häufig zu finden. Die Markstrahlenzellen, deren Breite 42—63 μ beträgt, ebenso die von außen den Bastschichten anhaftenden Rindenparenchymzellen führen kugelige oder ellipsoidische, selten abgeplattete, einfache, 3,9—9,8 (meist 6 μ) breite Stärkekörner in großer Menge.

Das Bastparenchym besteht aus Zellen, die parallel der Richtung der Bastzellen gestreckt sind. Ihre Länge beträgt meist 70, ihre Breite 20 μ. Diese Zellen sind sehr dünnwandig und führen nichts als kleine, den Wänden anhaftende Protoplasmareste (Abb. 74 *D, p*), ihre radialen Wände sind häufig mit großen Poren versehen.

In der Asche lassen sich nur strukturlos erscheinende Zellwandskelette nachweisen.

Der Rametabast kann vielseitig verwandt werden, und zwar zur Seilerzeugung, zur Verfertigung feinerer und gröberer Gewebe und auch als Rohstoff in der Papierfabrikation.

27. Bast von Trema orientalis Bl. (*Sponia Wightii*, Planch.) **(Citrang; ind.).** Dieser kleine, immergrüne Baum (Indian nettle tree, charcoal tree) kommt in den hügeligen Distrikten Concans häufig vor. Die Länge des durch Röstung abgeschiedenen Bastes beträgt 0,3—0,8 m, die Breite der Stücke 0,9—5,0, die Dicke 0,1 bis 0,8 mm. Einzelne Stücke sind zimtbraun, andere beinahe kreideweiß. Die meisten halten in der Farbe die Mitte zwischen beiden Extremen. Sowohl die Baststreifen als auch die Fasern, die sich in beliebiger Dicke vom Bast abtrennen lassen, erweisen sich als sehr fest. Nicht nur der Bast als solcher ist verwendbar, sondern auch in Form von Fasern eignet er sich zur Herstellung von Seilerwaren. Nach Wiesner hat die sogenannte Interzellularsubstanz (wohl Mittellamelle und primäre Membran) bei der künstlichen Abscheidung des Bastes sehr gelitten. Die Folge davon ist die gleiche wie bei dem Baste von *Lasiosiphon speciosus* (siehe Nr. 26); auch der Bast der *Trema*

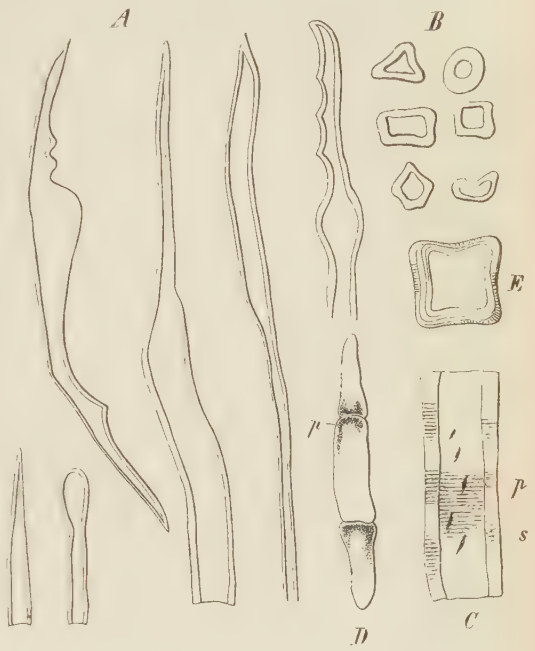


Abb. 74.
A Bastzellen und Enden von Bastzellen aus dem Stamme von *Gnidia eriocephala*. *B* Querschnitt durch die Bastzellen. *C* Bruchstück einer gequetschten Bastzelle; *p* Poren; *s* Streifung. *E* Dieselbe im Querschnitt. *D* Bastparenchymzellen; *p* Protoplasmareste. *A, B, D* Vergr. 300. *C, E* Vergr. 600.

orientalis (= *Celtis orientalis* L.) ist an seiner Oberfläche fast wollig, so reichlich trennen sich von ihm einzelne Zellen und Zellgruppen in Form feiner Fasern ab.

Im lufttrockenen Zustand führt die weiße Faser 8,66, die braune 8,75 % Wasser. Im mit Wasserdampf völlig gesättigten Raum steigert sich die Wassermenge bei dem weißen Bast bzw. der weißen Faser bis auf 18,86, bei dem braunen Bast oder der braunen Faser bis auf 21,82 %. Die weiße Faser und der weiße Bast geben im völlig getrockneten Zustand 3,69, die braune Faser oder der braune Bast 3,55 % kristallfreie Asche.

Die braunen Partien der Faser und des Bastes verdanken ihre Farbe dem Auf-

treten von Huminsubstanzen. Infolgedessen ist ihre Hygroskopizität größer als die der ungefärbten Partien der Faser oder des Bastes derselben Pflanze.

Jodlösung färbt die Faser braun. Einzelne Fasern nehmen hierbei eine kupferrote Farbe an. Auf Zusatz von Schwefelsäure werden Bast und Faser blau. Kupferoxydammoniak färbt beide blau und bringt sie zur starken Quellung, teilweise zur Auflösung. Mit Anilinsulfat behandelt erscheinen Faser und Bast schmutziggelb mit einem Stich ins Zimtbraune, mit Phlorogluzin + Salzsäure schmutzigviolett; die Faser ist mithin deutlich verholzt.

Der Bast führt nach Wiesner (761) in einem reichlich entwickelten Parenchym gruppenweise auftretende, hin und wieder vereinzelte Bastzellen, ähnlich wie der Lindenbast. Die Zellen dieses Gewebes lassen sich durch Chromsäure nur sehr unvollkommen isolieren, sehr leicht aber durch Kochen in Natronlauge. Die Bastzellen sind meist 4,0 mm lang und 21 μ dick. Es scheint eine außerordentliche Regelmäßigkeit in den Dimensionen der Zellen des Bastgewebes zu bestehen. Die überwiegende Mehrzahl der Bastzellen ist bis auf die meist dünnwandigen Enden sehr stark verdickt, infolgedessen erscheint das Lumen der Zelle in der Flächenansicht nur als dunkle Linie. Einzelne Stellen mancher Bastzellen sind völlig solid; wenigstens wollte es Wiesner weder an der isolierten noch an der querdurchschnittenen Bastzelle, auch nicht durch Reagenzien, gelingen, einen inneren Hohlraum nachzuweisen. Im Querschnitt erscheinen die Bastfasern nach Reimers (569, S. 218) trotz überwiegender Tangentialstreckung scharfeckig-polygonal, häufig dreieckig. Die Wände der Bastzellen erscheinen deutlich geschichtet. Die äußeren Wandpartien sind nach Wiesner senkrecht zur Achse, die inneren (sekundäre Membran) schief gegen diese gestreift, doch hat Reimers eine im unveränderten Zustand vorhandene Streifung nicht feststellen können. Die äußeren Partien der Zellwand sind von den inneren optisch stark verschieden. Poren sind vorhanden.

Die Markstrahlen führen reichlich Stärke, deren Körnchen teils einfach, teils zu 2—5 kombiniert sind. Die einfachen und die Teilkörnchen haben eine elliptische Form und zeigen einen größten Durchmesser von etwa 3,3 μ.

In dem reich entwickelten Bastparenchym hat Wiesner keine Kristalle aufgefunden, Reimers (569) erwähnt aber Kristallkammerfasern.

Nach Dodge wird dieser Bast und die Bastfaser zum Binden und zur Verfertigung von Seilen in Indien angewandt. Die Faser, die nach Spon (678) angeblich auch in Mauritius und in Venezuela verwendet wird, soll auch zur Erzeugung grober Gewebe (»Amphak« in Assam) von den Eingeborenen benützt werden.

28. Agavefasern (Pite, Sisal, Kantala, Henequen). Die Agavefasern werden aus den Blättern verschiedener *Agave*-Arten gewonnen.

Die Amaryllidaceengattung *Agave* ist umfangreich und umfaßt nach der monographischen Bearbeitung durch Berger (81) über 270 verschiedene Arten, deren Heimat wahrscheinlich das tropische und subtropische Amerika ist. Zahlreiche Arten werden für die Zwecke der Fasergewinnung und zur Erzeugung eines geistigen Getränkes (Pulque, Mescal) — welche Erzeugung man jetzt allerdings etwas einschränken will — in mehreren warmen Ländern, besonders in Mexiko, seit undenklichen Zeiten kultiviert, und so wird es begreiflich, daß man wie bei vielen anderen Kulturgewächsen die wild wachsenden Pflanzen nicht kennt, von denen die kultivierten Spezies abstammen.

Die Agaven scheinen unter dem Einfluß von verschiedenen klimatischen Bedingungen in der langandauernden Kultur sich so verändert zu haben, daß sie zu verschiedenen Formen wurden, denen der Systematiker jetzt Speziescharakter zuerkennt.

Die Literatur über die Agavefasern ist ungemein ausgedehnt und ermangelt nicht sehr widersprechender, unklarer Angaben. Eine Übersicht des Schrifttums über Abstammung, Kultur, Gewinnung und Verwendung der Agavefasern gibt K. Braun in »Der Pflanzer«, Bd. II, 1906, S. 215 ff. und Bd. IV, 1908, S. 49 ff.

Es ist das Verdienst J. v. Wiesners, auf Grund einwandfrei bestimmten Mate-

rials und gestützt auf die wichtigen Vorarbeiten durch Dewey (178) und Trelease (712) in der dritten Auflage dieses Buches einige alte Irrtümer bezüglich der Abstammung einiger praktisch wichtiger Agavefasern beseitigt zu haben.

So wurde früher die (übrigens auch bei uns als Zierpflanze bekannte und in Südeuropa vielfach kultivierte bzw. verwilderte) *Agave americana* als die Pflanze bezeichnet, deren Blätter die Hauptmasse der im Handel als Pite oder Henequen bezeichneten amerikanischen Agavefaser liefern. Diese Angabe ist aber in dieser Fassung nicht richtig.

Agave americana liefert zwar Fasern, aber sie hat als Faserpflanze nicht die Bedeutung, die ihr früher zugesprochen wurde, auch ist die geographische Herkunft der von dieser Pflanze gewonnenen Faser zum Teil eine andere, als früher angenommen wurde.

Agave americana wird z. B. in Mexiko kultiviert. Die Faser wird dort auch aus den Blättern gewonnen, hat aber nur lokale Bedeutung. Dasselbe gilt auch von der in Spanien aus verwilderten Pflanzen durch Handarbeit gewonnenen Faser »Pita« oder der in Sizilien erhaltenen »Zambara«, die zu Seilen, Tauen und Fischernetzen verwandt werden.

Die Faser der *Agave americana* hat zwar nach Dewey (briefliche Mitteilung an Wiesner) manche schätzenswerten Eigenschaften, besonders ist sie sehr elastisch, aber das Haupthindernis für ihre Darstellung im großen Maßstab liegt in dem stark fleischigen Charakter der Blätter, der eine maschinelle Gewinnung der Faser so gut wie ausschließt. Tatsächlich wird alle aus dieser Agave gewonnene Faser durch Handarbeit gewonnen, und zwar wie Dewey ausdrücklich angibt, auch die mexikanische Faser.

Alle sonstigen früher in der Literatur zu findenden Angaben über *Agave americana* als Faserpflanze sind als unrichtig zu streichen. Es sei noch erwähnt, daß das Papier der altmexikanischen, von Alexander v. Humboldt aus Neuspanien mitgebrachten Bilderhandschriften bis in die neueste Zeit als aus Agavefasern bereitet angesehen wurde. Nach späteren Angaben soll das Papier dieser Maya-Codices aus der Faser von *A. americana* bereitet worden sein. Nach in neuerer Zeit ausgeführten mikroskopischen Untersuchungen von R. Schwede (642) besteht das Papier dieser alten Schriftstücke aus den Fasern von Ficus-Arten.

Aus den von Dewey ausgeführten Untersuchungen geht hervor, daß von den zahlreichen Agave-Arten, die in der ausgedehnten Literatur über faserliefernde Pflanzen angeführt wurden, in erster Linie nur die folgenden Spezies namhaft zu machen sind:

Pflanze	Faser	Hauptproduktionsgebiet
Agave sisalana Perrine	Sisal s. st.	Bahamas, ehem. Deutsch-Ostafrika
A. cantala Roxb.	Kantala	Java, Philippinen, Indien
A. fourcroydes Lemaire	Henequen	Yucatan

In zweiter Linie sind nach Dewey als Faserpflanzen folgende Agavearten zu nennen:

Pflanze	Faser	Hauptproduktionsgebiet
Agave tequilana Trelease	Tequila	Jalisco
A. zapupe Trelease	Zapupe fina	Vera Cruz, Tamaulipas
A. Lespinassei Trelease	Zapupe fuerta	Vera Cruz, Tamaulipas
A. Deveyana Trelease	Zapupe larga	Vera Cruz
A. lophanta Schiede (= *Leguilla* Torr.)	Tula Ixtle (Tamico)	Mexiko
A. falcata Engelm.	Guapilla	Mexiko
A. striata Zuccar.	Espadinin	Mexiko
A. cocui Trelease	Dispopo	Venezuela

Über einige weniger wichtige Agave-Arten siehe S. 451.

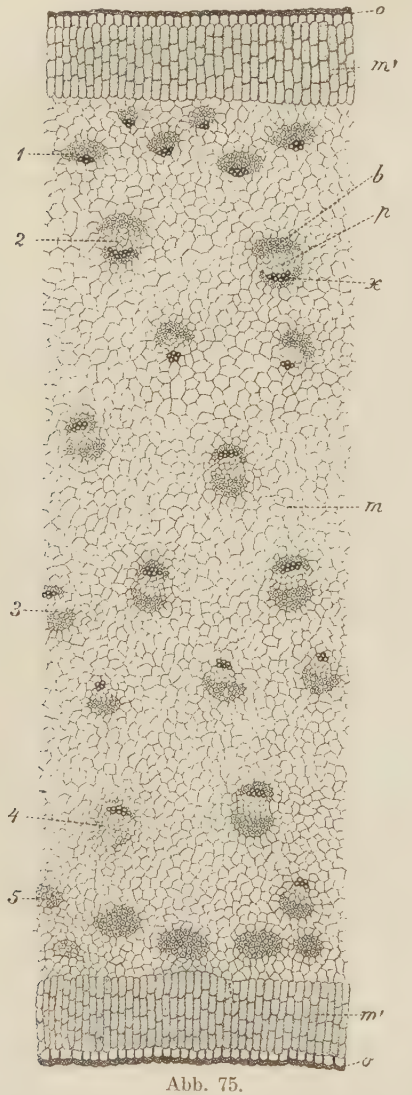


Abb. 75.
Durchschnitt durch das Blatt der *Agave americana* (unteres Drittel). *o o* Oberhaut, *m' m'* Blattrinde, *m* parenchymatisches Grundgewebe des Blattes (Mesophyll), *1, 2, 3, 4, 5* Stranggewebe (*1—4* Gefäßbündel, *5* einfache Baststränge). Die Gefäßbündel sind durchweg kollateral und wenden ihre Phloeme (*b* Baststrang, *p* Siebteil des Phloems) sowohl an der Ober- als Unterseite des Blattes gegen die Oberhaut, ihre Xyleme (*x*) gegen das Blattinnere hin. Im mittleren Blatteile ist das Gefäßbündel (*2, 3*) nach außen und innen mit Bastbelag versehen. Vergr. 50.

Im folgenden wollen wir uns darauf beschränken, von den obengenannten elf Fasern nur die drei wichtigsten zu behandeln und über die andern, soweit verläßliches Material zur Verfügung stand, nur einige zur beiläufigen Charakteristik dienende Angaben machen. Späteren Untersuchungen muß es vorbehalten bleiben, auch diese einer eingehenden mikroskopischen Prüfung zu unterziehen.

Sämtliche Agavefasern werden nur aus den Blättern der Agaven gewonnen. Der vegetative Stamm ist gewöhnlich ganz verkürzt und trägt dann nur grundständige Blätter, kann also für die Fasergewinnung gar nicht in Betracht kommen. Aber selbst an solchen Agavearten, die faktisch einen Stamm ausbilden, kommt eine Fasergewinnung daraus gar nicht in Frage. Auch die ziemlich hohen und voluminösen Blütenschäfte liefern keine brauchbare Faser.

Zum Verständnis der Ausnutzung des Blattes der Agaven für die Fasergewinnung, aber auch für die richtige Beurteilung der histologischen Zusammensetzung der Agavefaser, ist es erforderlich, in die Anatomie des Blattes der Agaven einzugehen, die nachfolgend an der Hand des leicht zugänglichen Blattes der *Agave americana* nach Wiesner vorgeführt werden soll, wenn auch diese Art zur Fasergewinnung nur lokal verwertet wird.

Das Agavenblatt (Abb. 75) ist von einer derben Oberhaut (*oo*) bekleidet, die ober- und unterseits tief versenkte Spaltöffnungen führt. Oben kommen mehr Spaltöffnungen vor als unten. Die Oberhaut umschließt ein parenchymatisches Grundgewebe (*mmm*). Dieses gliedert sich in eine von jeder Art von Stranggeweben freie Blattrinde (*m' m'*) und das von Stranggeweben (*1, 2, 3, 4, 5*) reichlich durchzogene eigentliche Mesophyll (*m*). In diesem liegen zweierlei Stranggewebe: einfache Baststränge (*5*) und Gefäßbündel (*1—4*). Erstere kommen in der Nähe der unteren Blattrinde gewöhnlich nur spärlich vor; reichlich sind sie in der Nähe des Blattgrundes zu finden. Die Baststränge sind im Vergleich zu den Gefäßbündeln in der Regel kurz. Die Gefäßbündel haben sehr verschiedene Länge. Die längsten Fasern finden sich in der Mitte des Blattes, also am meisten von den Rändern des Blattes entfernt, vor. Die technische Agavefaser geht also, wie man sieht, wenn auch nicht ausschließlich, so doch hauptsächlich aus den Gefäßbündeln des Blattes hervor.

Die einfachen Baststränge bestehen nur aus Bastzellen (Abb. 77). Die Gefäßbündel besitzen entweder nur einen (Abb. 76) oder zwei halbmondförmige Bastbeläge (Abb. 78). Die Bastbündel und die Bastbeläge der Gefäßbündel dienen der Biegungsfestigkeit des Blattes, sie bilden dessen mechanische Gewebe, deren Elemente (Bastzellen) durch hohes Tragvermögen ausgezeichnet sind. Die Verteilung dieser mechanischen Gewebe ist aus den Abb. 75, 76 und 78 zu ersehen.

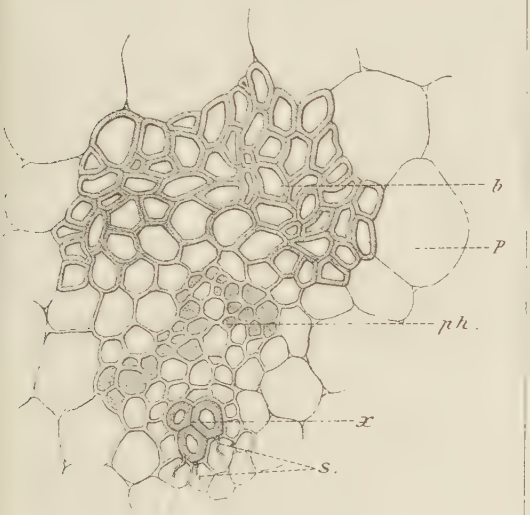


Abb. 76.
Querschnitt durch ein Gefäßbündel aus dem oberen Blatteil von *Agave americana*, *x* Xylem mit Schraubengefäßen *s*, *ph* Phloem (Siebteil davon), *b* Bastzelle, *P* Parenchym (Mesophyll). Vergr. 400.

Während an der Blattbasis die Bündel den höchsten Grad von Festigkeit aufweisen, nämlich vorwiegend oder nur aus mechanischen Elementen (Bastzellen) bestehen, findet man an der Spitze des Blattes das gerade Gegenteil ausgebildet: hier fehlen die mechanischen Elemente oder sind stark vermindert; das Gefäßbündel ist da so eingerichtet, daß es ausschließlich oder fast ganz der Ernährung dient (Abb. 77).

Die Gefäßbündel von *Agave americana* sind fast ausschließlich kollateral ausgebildet und, wenn zwei Bastbeläge vorhanden sind, ist der eine gegen die obere, der zweite gegen die untere Fläche des Blattes gewandt. In der Nähe des Blattrandes, namentlich im obersten Teile des Blattes, haben aber die Gefäßbündel die Neigung zur hemikonzentrischen Ausbildung, indem der Bast den inneren kollateral gebauten Teil des Gefäßbündels in einem mehr oder weniger vollständig geschlossenen Mantel umgibt. Ein gleiches gilt auch für *Agave sisalana*, auch hier überwiegen die rein kollateralen Bündel, es kommen aber spärlich auch kleine hemikonzentrische Bündel am Blattrand, besonders in der Nähe der Blattspitze, vor. Ganz entgegengesetzt verhält sich *Agave cantala*, bei der die hemikonzentrischen Bündel das Übergewicht haben. Das gibt, wie wir sehen werden, ein wichtiges Mittel an die Hand,

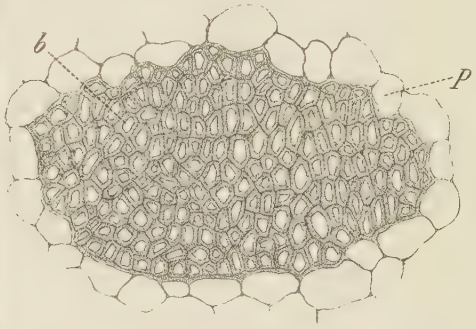


Abb. 77.
Einfacher Baststrang aus dem unteren Teile des Blattes von *Agave americana* (entsprechend 5 der Abb. 75). *P* Parenchymzellen des Mesophylls. *b* Bastzellen. Vergr. 450.

um die Faser von *A. sisalana* von *A. cantala* zu unterscheiden. Übrigens zeigen *Agave cantala* und *A. americana* in ihrer Blattanatomie so auffallende Unterschiede, daß es ganz ungerechtfertigt erscheint, die erstgenannte Art auf die zweite zurückführen zu wollen, wie man es früher öfters versuchte.

In Beziehung auf *A. americana* wäre noch zu bemerken, daß die Bastzellen verhältnismäßig dünnwandig sind, im Querschnitt nicht so scharf polygonal begrenzt wie bei *A. sisalana* und *A. cantala*, vielmehr stark hin- und hergebogen erscheinen (Abb. 77).

In den Gefäßbündeln von *A. americana* haben wir keine anderen als Ring- und Schraubengefäße gefunden. Bei *A. sisalana* und *cantala* gesellen sich dazu auch Netzgefäße (Abb. 80, 81, 82).

Die Dimensionen der Bastzellen sind in verschiedenen Partien des Blattes verschieden, aber für jede Partie innerhalb

bestimmter Grenzen konstant. In der Mitte des Blattes haben die Bastzellen von *A. americana* eine Länge von 1—2,3 mm, bei *cantala* von 1,5—2,6, bei *sisalana* von 2,7—4,4 mm. Man kann sich bei der Unterscheidung der Fasern diese

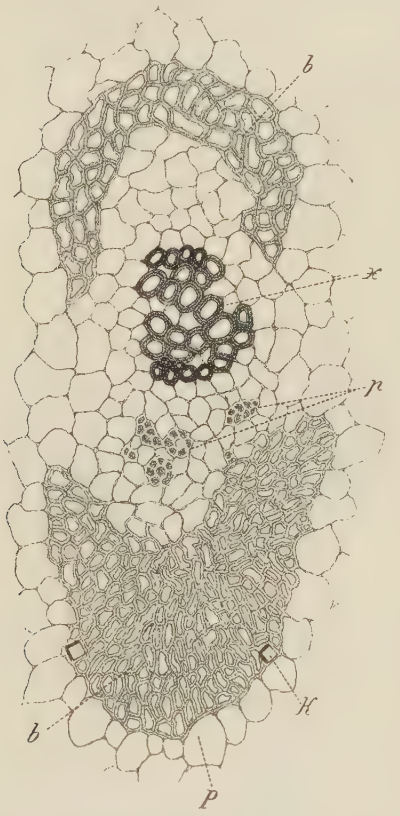


Abb. 78.
Ein Gefäßbündel von *Agave americana* aus dem mittleren Teile des Blattes (entsprechend *2—4* der Abb. 75). *b b* Bastbeläge des Gefäßbündels, $b + x$ = Xylem, $b + p$ Phloem des Gefäßbündels. *p* Siebteil des Phloems. *x* Gefäßgruppen des Xylems. *P* Parenchymzellen des Mesophylls. *K* Kristall von Kalziumoxalat, in einer Bastparenchymzelle liegend. Vergr. 350.

Eigentümlichkeit zunutze machen, indem man aus dem Handelsprodukt die längsten Fasern auswählt, die annähernd der Länge des Blattes entsprechen, und in der Mitte dieser längsten Fasern die Längenbestimmung der Bastzellen vornimmt.

Bei der Fasergewinnung kommt es darauf an, die festen, faserigen Gewebe, also die Bastbündel und -beläge von den übrigen Geweben zu trennen. Dies gelingt begreiflicherweise nicht vollständig. Bei unvollkommener Gewinnungsweise haften der technischen Faser noch Zellen des Mesophylls und Bestandteile des Holzteils, ja auch des Siebteils des Gefäßbündels an, also Parenchymzellen, Gefäße und Siebröhren. Die Gefäße fallen besonders auf, die Parenchymzellen sind bei der Mazeration der Fasern unschwer aufzufinden, während die Siebröhren sich leicht der Beobachtung entziehen, übrigens bei der Abscheidung meist zerstört werden. Je besser die Sorten der Agavefasern sind, desto spärlicher treten neben den Bastzellen die anderen genannten histologischen Elemente auf. Es ist aber leicht ersichtlich, daß selbst in den geringsten Sorten von Agavefasern Faserbündel auftreten werden, die nur aus Bastzellen bestehen; dies sind jene Fasern, die die einfachen Baststränge zusammensetzen (Abb. 75, *5*) oder von allen Nebenbestandteilen befreite Bastbeläge von kollateralen Gefäßbündeln, entsprechend den Partien *b b* in Abb. 78.

Die botanische Herkunft der Agavefasern ist in neuester Zeit, wie wir gesehen haben, für die für Handel und Industrie wichtigsten Arten sichergestellt worden; dagegen herrscht in Beziehung auf die Nomenklatur der Handelsprodukte noch immer eine ziemliche Verwirrung. Wenn man die Zufälligkeiten beachtet, von denen, häufig genug, die Namengebung der Handelswaren abhängt, so wird es begreiflich, daß eine zweckmäßige Vereinheitlichung der Nomenklatur, die doch die wichtigste Voraussetzung einer Stabilisierung der Handelsnamen bildet, nur schwer durchführbar ist; auch greift die Einführung von schon bekannten Waren aus neuen Produktionsgebieten nicht selten störend in die Benennung der Handelsgegenstände ein.

Die ursprüngliche Hauptquelle der Agavefasern war das wärmere Amerika, hauptsächlich Mexiko, besonders die Halbinsel Yukatan. Aus den alten Sprachen dieser Länder stammen die Namen der seit alter Zeit kultivierten Agavefasern, die sich zum Teil noch jetzt im amerikanischen Handel erhalten haben. So vor allem der Name Henequen, der in Amerika noch jetzt für die Faser von *Agave fourcroydes* üblich ist. Das Wort Henequen ist eines jener zahlreichen Worte, die die spanisch redenden Be-

wohner von Yukatan der Sprache der alten Haïti-Indianer entnahmen. Die wörtliche Bedeutung des Wortes Henequen ist nicht mehr festzustellen. Man versteht hierunter eben *Agave fourcroydes* oder deren Faser. Es ist oft von Maya-Fasern, Maya-Papieren, Maya-Codices usw. die Rede. Maya ist der Name, mit dem das alte Volk, das die Halbinsel Yukatan bewohnte, sich und seine Sprache bezeichnete. Man findet manchmal angegeben, daß der Name Maya sich auf eine Pflanze (Agave) beziehe. Das ist aber ganz unrichtig. Die Agavefaser wird nach E. Seler (Brief vom 23. April 1914 an J. Wiesner) in der Mayasprache zoz-ci (spr. sosski) oder ci (spr. ki) genannt. Unter den amerikanischen Handelsnamen erscheinen noch die der Mayasprache entstammenden Namen sac ci (spr. ssak ki) und yax ci (spr. yasch ki). Ersterer bedeutet »weiße Agave« und bezieht sich wohl auf *Agave fourcroydes,* deren Blätter hellgrün bis weißlich sind, und ihre Faser; letzterer Name bedeutet »grüne Agave« und bezieht sich wohl auf *Agave sisalana,* die dunkelgrüne bis blaugrüne Blätter hat, und ihre Faser.

Im europäischen Handel kommen diese Namen nicht vor; kaum, daß man bei uns von Henequen spricht. Für die amerikanischen Agavefasern wird nicht selten in Europa der spanische Name »Pita«, in Pite oder Pit umgewandelt, gebraucht (in Spanien selbst wird damit auch die lokal verwertete Faser von *A. americana* verstanden). In jedem Warenlexikon wird man das Wort Pite als Bezeichnung der (amerikanischen) Agavefasern finden, während der Name Henequen häufig darin vergebens gesucht wird. Aber der Name Pite wird im europäischen Handel jetzt schon weniger gebraucht und der Name Sisal für Agavefaser tritt stark in den Vordergrund. Im Wiener Handel gilt häufig noch der Ausdruck »Fibris« als Bezeichnung der Agavefasern; aber in neuerer Zeit wird dieser Name durch das Wort Sisal ersetzt, worunter man nicht nur die mexikanische Faser von *Agave fourcroydes,* sondern auch die aus dem früheren Deutsch-Ostafrika stammende, von Hamburg nach Österreich gebrachte Faser von *A. sisalana* verstand. Diese Beziehung des Namens Sisal auf die beiden genannten Agavearten ist nicht sinnlos; denn nach Dewey (179) wird die Faser von *A. fourcroydes* im amerikanischen Handel nicht nur Henequen, sondern auch Yucatan hemp, Mexican sisal und Yucatan sisal genannt und die Faser von *A. sisalana* als Bahama sisal, East African sisal, India sisal, Java sisal, Sisal hemp bezeichnet. Dewey macht den Vorschlag, und wir folgen ihm darin in der nachfolgenden Charakteristik der wichtigsten Agavefasern, den Namen Henequen für die Faser von *Agave fourcroydes* und den Namen Sisal für die Faser von *A. sisalana* zu gebrauchen. Als Sisal erscheint im Handel auch die Faser von *A. cantala,* die in den Heimatländern die Namen Nanas oder Ananas Sabrang (Java), Manila Maguey (Philippinen) und Bombay aloe (Ostindien) führt. Im Anschluß an Dewey soll diese vom Sisal s. st. verschiedene Faser im nachfolgenden als »Kantala« bezeichnet werden.

Die von andern Agavearten abstammenden, bestimmten Produktionsgebieten angehörenden Fasern haben dort bestimmte Namen (s. oben S. 603), von denen einige, wie Ixtle, Zapupe, im Handel Eingang gefunden haben.

Manche für Agavefasern benutzte Namen, z. B. Tampicohanf, sind vieldeutig oder, wie z. B. Matamoros, außer Gebrauch gekommen. Über andere selten noch verwandte oder schon außer Gebrauch gekommene Namen von Agavefasern siehe Dodge (187), Semler (664), Watt (749), Schilling (629).

a) Die Faser von *Agave sisalana* (Sisal).

Die Heimat der *Agave sisalana* Perrine ist Südmexiko und Zentralamerika. Anfänglich wurde die Blattfaser der unkultivierten Pflanze verwandt. In Yukatan wird aber diese [von Gürcke (266) als Varietät sisalana von *Agave rigida* angesehene und als *A. rigida sisalana* bezeichnete] Pflanze schon seit langer Zeit zum Zweck der Fasergewinnung kultiviert, und das Produkt wurde vornehmlich unter dem Namen Henequen, aber auch als Yaxci (spr. Yakschi) und unter anderen Namen in den amerikanischen Handel gebracht.

Neuerdings hat die Faser, namentlich durch die Anpflanzung in ganz anderen als den ursprünglichen Vegetationsgebieten eine größere Bedeutung erlangt, ja sie gehört jetzt geradezu zu den wichtigsten Hartfasern des Handels. Ihren Siegeslauf trat sie unter dem Namen Sisal an; dies ist der mexikanische Hafen im Staate Yukatan, von wo sie zuerst in größerem Maßstab ausgeführt wurde. Der Hafen Sisal liegt nordwestlich von Merida, von wo *Agave sisalana* schon im Jahr 1836 von Perrine nach Florida gebracht wurde. Florida liefert allerdings auch noch den sogenannten falschen Sisalhanf, eine geringere Sorte, die von *Agave decipiens* Baker stammt.

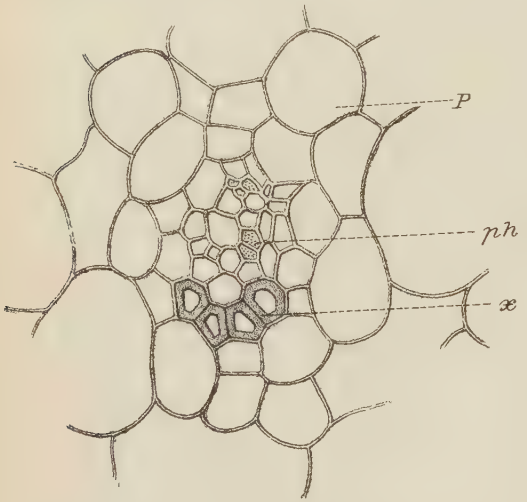


Abb. 79.
Querschnitt durch das Gefäßbündel von *Agave sisalana* aus der Spitzenregion des Blattes. Das Gefäßbündel besteht nur aus ernährungsphysiologischen Elementen, die mechanischen Zellen (Bastzellen) fehlen gänzlich. *P* Parenchym (Mesophyll), *x* Xylem, *ph* Phloem. Vergr. 400.

Im Jahr 1845 wurde die Sisalagave von Nesbit auf die Bahamas gebracht, wo sie auf den Inseln Groß-Bahama, Abaco und Harbour Island besonders gut gedeiht. Das reichlich ausgeführte Produkt hat den Sisal unter den Namen Bahama sisal oder Bahama hemp sehr populär gemacht. Von Florida wurde die Sisalpflanze in andere warme Länder der Alten und der Neuen Welt verpflanzt; unter anderem stammen die seit 1893 im früheren Deutsch-Ostafrika seinerzeit mit großem Erfolge kultivierten Sisalagaven aus Florida. Während anfangs die jährliche Ausfuhr von Sisal aus dem früheren Deutsch-Ostafrika nur mehrere hundert Tonnen betrug, stieg sie in den folgenden Jahren schon dank der Tätigkeit der Deutschen Agavegesellschaft so rapid an, daß der Wert der Ausfuhr (1897 mit 100 000 Mark) 1913 bei einer Menge von 20 834 Tonnen mit 10 700 000 Mark (also mit etwa fast 30 % des Wertes der Gesamtausfuhr aus Deutsch-Ostafrika) bewertet wurde und dem bisher an erster Stelle der Ausfuhr gestandenen Kautschuk den Rang ablief. (Tropenpflanzer, 18. Bd., 1914/15, S. 466.) Anfang 1914 waren nach R. Hindorf (367 a) mehr als 25 000 ha mit Sisal bepflanzt. Seither ist allerdings der Ertrag und die Qualität durch Verwahrlosung der Kulturen sehr zurückgegangen [Iterson (391)].

In den letzten drei Jahrzehnten wurde *Agave sisalana* auch erfolgreich in Ostindien, auf Java (hier seit 1906), in Britisch-Ostafrika, Neuguinea, in Indochina, auf den Fidschiinseln usw. kultiviert.

Die Zucht der Sisalpflanze macht keine Schwierigkeiten; schwieriger ist die Ernte und namentlich die Aufarbeitung der Blätter.

Die Vermehrung geschieht, da Samen gewöhnlich nicht produziert werden (R. Hindorf [367 a] konnte erst 1915 nach vieljährigen Bemühungen in Deutsch-Ostafrika Sisalsamen finden und dann zur Kultur benützen), entweder durch Bulbillen, die sich in großer Zahl, aber erst an den Blütenschäften entwickeln, oder durch Wurzelschößlinge (Rhizomsprosse). Handelt es sich um Übertragung in andere Vegetationsgebiete oder überhaupt um Transport auf weitere Strecken, so ist die Verwendung der Bulbillen kaum zu umgehen. Sonst zieht man es vor, die Vermehrung durch Schößlinge vorzunehmen. Die Sisalpflanze läßt sich leichter kultivieren als *Agave cantala,* da sie in Beziehung auf Klima und Ernährung weniger wählerisch ist. Nach Bruck (103) gedeiht die Sisalpflanze am besten auf gut durchlassenden Kalkböden und in trockenem Klima. Sowohl für das Gedeihen der Pflanze als auch für bequeme Einerntung der Blätter ist eine große Pflanzweite (auf Java von 5—8 Fuß) zweckmäßig. In den ersten Jahren der Entwicklung kann dieser weite Raum

durch Zwischenkulturen (auf Java z. B., verschiedene Leguminosen oder *Hibiscus cannabinus*, der die Java-Jute liefert, im ehem. Deutsch-Ostafrika z. B. Mais, Baumwolle, Bohnen, Maniok) ausgenutzt werden. Später sind Zwischenkulturen schädlich, da den Sisalpflanzen durch die Zwischenkultur zu viel Bodennahrung entzogen wird. Dies kann auch durch Verunkrautung geschehen, weshalb es notwendig ist, reichlicher vorkommendes Unkraut zu beseitigen. Auch die in späteren Jahren zahlreich auftretenden Wurzelschößlinge müssen entfernt werden; doch können diese, wie schon bemerkt, zur Vermehrung nutzbar sein. Auf den Bahamas verwendet man als Zwischenkultur Baumwolle und Mais.

Die Blätter erreichen eine Länge von 1—1,75 m und sind in der Mitte 8—14 cm breit. Die einzelne Pflanze liefert nach Bruck in ihrer ganzen Lebenszeit etwa 180 bis 200 Blätter. Bei drei- bis viermaliger Ernte im Jahr liefert eine Pflanze in diesem Zeitraum etwa 30 Blätter. Die abgeschnittenen Blätter werden von den Dornen befreit (nach Wiesner besitzen die Blätter wohl einen starken Enddorn, aber keine Randdornen) und zu je fünfzig in Bündel zusammengefaßt. Vom Feld werden die gebündelten Blätter nach den Fabriken gebracht, wo ohne vorhergehende Röste die Fasergewinnung durch »Raspadoren« oder durch größere Entfaserungsmaschinen erfolgt. Die so gewonnene Rohfaser wird in großen Wasserbehältern gewaschen, hierauf getrocknet und schließlich durch Bürstapparate gereinigt und geglättet. Wenn die Blätter besonders am Grund zu fleischig geraten, muß der eigentlichen Entfaserung eine Quetschung vorangehen, was durch Quetsch-Walzwerke wie bei Sansevieriablättern geschieht. Ein Welkwerden der Blätter vor der Entfaserung soll für die erzeugte Faser nicht günstig sein. Wie alle Agavefasern kommt auch der Sisal in Form von Strängen oder Büscheln in den Handel, nachdem er in Packtuch oder in Kisten verpackt wurde. Es ist, wie auch bei den anderen Agavefasern, darauf zu achten, daß die Faser bei der Verpakkung nicht geknickt werde, weil die entstandenen Knickungen sich nicht mehr ausgleichen. Deshalb soll die Verpackung nur in Kisten vorgenommen werden, deren Länge mit der der Stränge oder Büschel übereinstimmt. Der Ertrag der Fasern wird zwischen 2 und 4 % des Frischgewichtes der Blätter angegeben. R. Hindorf (367a, S. 110) gibt für 1 ha im ehem. Deutsch-Ostafrika einen Ertrag von 1,5—2 Tonnen Sisalhanf an.

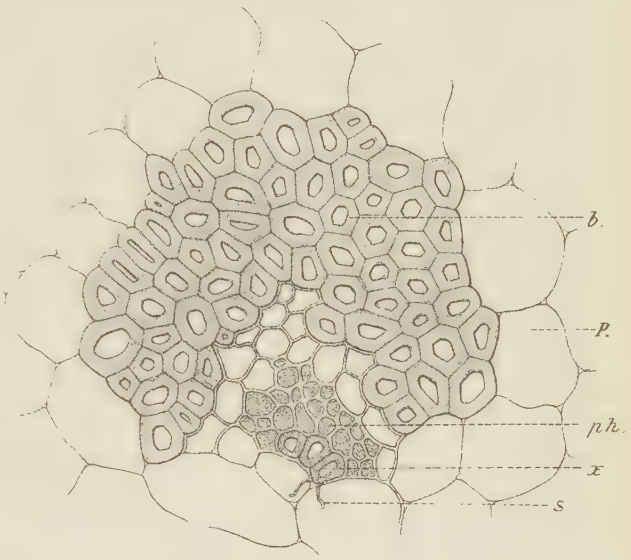


Abb. 80.
Querschnitt durch das kollaterale Gefäßbündel des Blattes von *Agave sisalana*. *x* Xylem mit Schraubengefäßen *s*, *ph* Phloem (Siebteil davon), *b* Bastzellen, *P* Parenchym (Mesophyll). Vergr. 400.

Die Länge des Sisals steigt bis auf 170 cm, wobei aber zu bemerken ist, daß die einzelne Sisalfaser diese Länge niemals erreicht, sondern jeder Strang sich aus Fasern von sehr verschiedener Länge zusammensetzt. Die maschinelle Darstellung bringt es mit sich, daß Fasern sehr verschiedener Länge nebeneinanderliegen, die durch Reibung aneinanderhaften, wodurch es verständlich wird, daß die Länge der Stränge größer ausfallen kann, als es den längsten Fasern entspricht. Wiesner hat ein Büschel von deutsch-ostafrikanischem Sisal von 170 cm Länge in seine Fasern zerlegt und gefunden, daß

die längsten Fasern nur 135 cm lang waren. Er fand daneben auch viele Fasern von 90—100 cm, 50—60 cm und so hinab bis auf 15—20 cm. Kein einziger Faden repräsentierte ein intaktes Gefäßbündel, am oberen Ende waren sie alle abgerissen und hatten häufig noch eine Breite von 30—50 μ. Viele Fasern sind entweder nur an den Enden oder vielfach in ihrem Längsverlauf gespalten. Dieser Zustand erklärt sich aus dem anatomischen Bau des Gefäßbündels: zwischen den nach außen und innen gelegenen Bastfasersicheln liegen die schwachen Teile des Xylems und des Weichbastes (siehe Abb. 79). So wird es begreiflich, daß bei stärkeren mechanischen Angriffen, die notwendigerweise bei der Entfaserung stattfinden, diese Spaltung in mehr oder weniger ausgedehntem Maße zustande kommen muß.

Die Fasern jedes Stranges oder Büschels sind soweit orientiert angeordnet, als alle oberen Enden der Blattfasern nach einer Seite, alle unteren Enden nach der entgegengesetzten Seite im Büschel liegen. In der Regel nimmt die Dicke einer Faser in der Richtung von der Spitze nach der Basis hin zu. Durch Längsbruch der Fasern kann aber dieses Verhältnis auch gestört werden.

Wie der Verlauf der Dicke einer einzelnen Faser sich gestaltet, möge durch folgende Beispiele anschaulich gemacht werden. Eine lange Faser von dem obengenannten deutsch-ostafrikanischen 170 cm langen Sisal, 132 cm lang, war am oberen und am unteren Ende gespalten und war am oberen Ende 96 μ, in der Mitte 240, am unteren Ende 400 μ breit. Eine gänzlich ungespaltene 51 cm lange Faser war oben 80, unten 160, in der Mitte 136 μ breit.

Die Gefäßbündel von *Agave sisalana* sind in der Regel bikollateral mit sichelförmigen Bastbelägen. Nur in der Nähe des Blattrandes und hauptsächlich in der Spitzenregion des Blattes kommen auch von Wiesner als hemikonzentrisch bezeichnete Gefäßbündel vor. Wie wir später sehen werden, treten bei *Agave cantala* solche Gefäßbündel sehr häufig auf und hierauf läßt sich ein Unterschied zwischen Sisal und Kantala gründen. Durch Eintrocknung verschwindet im hemikonzentrischen Bündel der Weichbast, und die technische Faser erscheint von einem die Faser durchsetzenden Kanal durchzogen. Im Sisal hat Wiesner diese Kanäle nur sehr selten beobachtet, während sie an der Kantala häufig vorkommen.

Die Bastzellen des Sisal sind dickwandig, so wie die von Henequen und Kantala, sie lassen sich leicht von denen der *Agave americana* unterscheiden (Abb. 76, 77, 78), allein eine Unterscheidung von Sisal, Henequen und Kantala ist weder auf Grund der Wanddicken noch des Zellendurchmessers zu erzielen, und zwar um so weniger, als die Dicke der Zellhäute und der Durchmesser der Bastzellen je nach der Lage dieser Elemente im Blatt verschieden sind. Eher kann man die Länge der Bastzellen heranziehen, um Sisal zu charakterisieren. Wohl schwanken die Längen der Bastzellen auch bei ein und demselben Blatt; allein in der Mitte des Blattes erreichen sie eine Länge von 2,4—4,4 mm, wodurch sich ein sehr merklicher Unterschied gegenüber Kantala und insbesondere *A. americana* ergibt (siehe oben S. 603). Noch wäre zu erwähnen, daß die im Sisal vorkommenden Gefäße nicht nur ring- und schraubenförmig, sondern auch netzförmig verdickt sind.

Das Zerreißgewicht der Sisalfaser von Hawaii und Ostafrika beträgt nach Dewey und Goodloe (175) 32,7 g.

Die Sisalfaser wird zur Erzeugung von Schiffstauen, für Transmissionsriemen, Stricke und Bindfaden verwertet. Allerdings ist für gewisse Zwecke der Manilahanf besser verwertbar als der Sisalhanf, da nämlich Taue aus Manilahanf lange Zeit auf dem Wasser schwimmen, während Sisaltauwerk bald untersinkt.

b) Die Faser von *Agave cantala* (Kantala).

Als Roxburgh (596) die Spezies *Agave cantala* (= *A. cantula* Roxb.) aufstellte, hielt er sie für eine Ostindien eigentümliche Pflanze. Da diese Agave nach seinen Erkundigungen in Indien den Sanskritnamen Kantala führt, wurde er in seiner Annahme bestärkt. Spätere, oben bereits erwähnte Studien haben aber gelehrt, daß das ganze Genus Agave dem wärmeren Amerika angehört und auch

Agave cantala in Indien eingeführt wurde, wo sie unter den neuen Vegetations- und Kulturbedingungen sich spezifisch ausgestaltete wie unsere *A. americana*. Wie diese hat auch *A. cantala* in der Kultur sich so verändert, daß man die amerikanische Stammpflanze, von der diese beiden Formen abstammen, nicht ausfindig machen konnte. Es wurden verschiedene Versuche, die Stammpflanze der *A. cantala* festzustellen, unternommen, die aber alle mißglückt sind. Unter anderem wollte man *A. cantala* auch auf *A. americana* zurückführen (Bot. Jahresber. 1907, III, S. 656). Aber die anatomischen Verhältnisse der Blätter, besonders der Gefäßbündel, weichen so sehr voneinander ab, daß diese Herleitung aufgegeben werden mußte.

Agave cantala wird schon seit längerer Zeit in Ostindien kultiviert (auch als Einfriedung für Straßen und für Eisenbahndämme angepflanzt), wo die Faser gewöhnlich Bombay Aloe fibre genannt wird [Watt (749, S. 33)]. In Java, wo die Pflanze und ihre Faser Nanas sabrang heißt, nimmt die Kultur von *Agave cantala* viel geringeren Raum ein als die von *A. sisalana*. Aus Holländisch-Indien wurden nach v. Iterson (391) in den Jahren um 1920 ungefähr 14 000 Tonnen Agavefasern (Sisal und Kantala) exportiert. Ausgedehnter wird auf den Philippinen Kantala kultiviert. Die Pflanze und Faser führen dort den Namen Manila Maguey, was so viel als Agave, auf Manila gezogen, bedeutet. Im Jahre 1919 sollen nach Iterson (391) etwa 12 000 Tonnen Kantalafaser dort gewonnen worden sein. In neuerer Zeit bemüht man sich auch, die Maguey-Pflanze in Indochina zu kultivieren.

Die Bezeichnung Maguey beschränkt sich allerdings nicht bloß auf *A. cantala*, sie ist in Mexiko mit und ohne Zusatz sehr verbreitet für alle großen Agaven. So stammt Maguey Ixtle und Maguey blanco von *A. atrovirens* und *A. cochlearis*, Maguey de Tequila von *A. tequilana*.

Kantala ist nach Dewey weißer, feiner und geschmeidiger und daher wertvoller als Henequen und Bruck (103) bemerkt, daß sie häufig bessere Preise als Sisal erziele. Die Prüfungen Deweys haben dargetan, daß Kantala nicht nur ein spezifisches Gepräge an sich trägt, sondern mehrfach die anderen Agavefasern an Güte überragt. Es sei nur, um der Kantala größeren Eingang zu verschaffen, wünschenswert, daß sie unter besonderem Handelsnamen erscheine, um sich gegenüber Sisal und Henequen zu differenzieren. Er schlug den Namen Kantala vor, der sich, wie es scheint, als Handelsbezeichnung immer mehr durchsetzt.

Die Kultur der Kantala macht geringe Schwierigkeiten; die Anforderungen an Klima und Boden sind noch geringer als bei Sisal. Obwohl sie in trockenem Klima am besten gedeiht, kommt sie auch in feuchtem Klima fort. Doch ist zu gedeihlicher Entwicklung ein nasser Boden möglichst zu vermeiden, da die Wurzeln der Kantala gegen länger andauernde Nässe sehr empfindlich sind. Auch läßt sie sich in viel höheren Lagen noch gut fortbringen. Sisal soll nicht über 1200 Fuß über dem Meere gezogen werden; nach Watt (749) kommt Kantala noch auf einer bis 6000 Fuß reichenden Höhe fort.

Die Vermehrung der Pflanze erfolgt durch Wurzelschößlinge, die sich etwa vom dritten Jahr an so reichlich entwickeln, daß sie entfernt werden müssen, um die gute Weiterentwicklung der Mutterpflanze nicht zu gefährden. Wurzelschößlinge von 0,5 m Länge werden im Feld direkt ausgepflanzt, kleinere, etwa 20—25 cm lange, werden in Saatbeeten 1—2 Jahre kultiviert, ehe sie aufs Feld gebracht werden.

Ausgewachsene Blätter erreichen eine Länge von 1,5—2 m, weshalb die käufliche Kantala gewöhnlich etwas länger ist als der käufliche Sisal, was allerdings nach v. Iterson (391) für Java-Kantala und Java-Sisal nicht gilt. Die Breite des Blattes steigt in der Mitte bis auf 14 cm. Die längsten Fasern entsprechen, wie bei allen Agaven, der Mitte des Blattes, nämlich dem mittleren Längsstreifen, der zwischen der Spitze und der Basis des Blattes liegt.

Die Pflanzweite entspricht etwa der des Sisal und ist geräumig genug, um wenigstens in den ersten Jahren Zwischenkulturen zuzulassen. Später haben die Zwischenkulturen zu unterbleiben und ist für die Entfernung von Unkraut und Wurzelschößlingen Sorge zu tragen. Die Blät-

ter besitzen nicht nur einen Enddorn, wie die Blätter des Sisal, sondern sind auch seitlich mit Stacheln besetzt. Sowohl der End- als die Seitendornen werden bei der Ernte entfernt, hierauf werden die Blätter gebündelt und in die Fabriken zur Entfaserung gebracht. Die Entfaserung erfolgt entweder mittels Raspadoren oder durch Entfaserungsmaschinen, durch die das Kantalablatt viel mehr als das Sisalblatt angegriffen wird. Der Entfaserung geht dort, wo maschinell gearbeitet wird, keine Röste voran. Auf den Philippinen ist aber eine Röste üblich, die dort so weit getrieben wird, bis die die Fasern umgebenden Gewebe durch Fäulnis zugrunde gegangen sind [Bruck (103), Dewey (177)]. Hier erfolgt die ganze Fasergewinnung häufig noch auf sehr primitive Weise durch Handarbeit. Es ist begreiflich, daß die hier gewonnene Faser namentlich wegen der starken Röste, die sonst bei der Gewinnung der Agavefaser möglichst vermieden wird, von geringerer Qualität ist als die viel sorgfältiger erzeugte Kantala von Java, die im wesentlichen nach denselben Verfahren erzeugt wird wie der dort gewonnene Sisal.

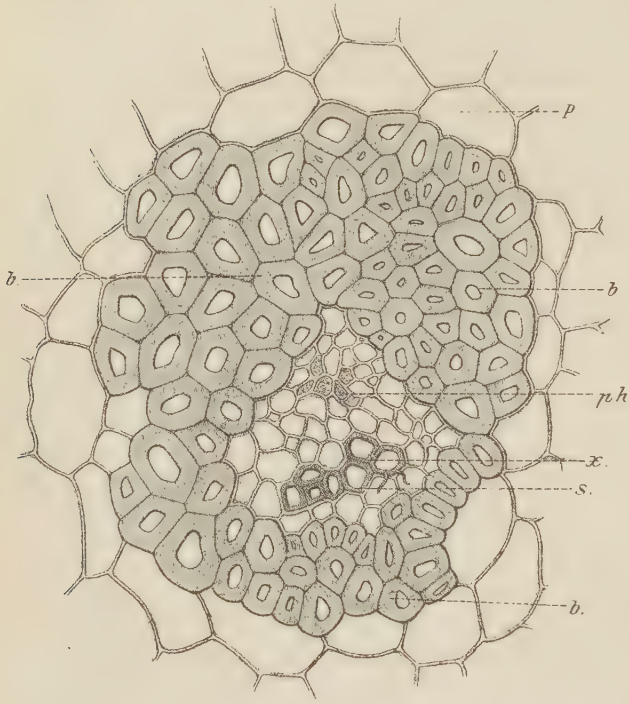


Abb. 81.
Hemikonzentrisches Gefäßbündel aus dem Blatt von *Agave cantala* mit zentralgelegenem Mestom. *x* Xylem, mit Schraubengefäßen *s*, *ph* Phloem (Siebteil davon), *b* Bastzelle, *P* Parenchym (Mesophyll). Vergr. 400.

Die Kantala kommt in den gleichen Formen wie der Sisal in den Handel und im allgemeinen gilt für die Zusammensetzung der Stränge, Bündel und Büschel aus Einzelfasern das, was oben beim Sisal angeführt wurde. Die natürlichen Enden der Fasern sind in der Regel nicht mehr erhalten, die Faser nimmt vom oberen zum unteren Ende an Dicke zu. Im ganzen ist die Kantalafaser besser erhalten als die Sisalfaser, was im anatomischen Bau dieser beiden Fasern begründet ist. Das bikollaterale Bündel, aus dem die Sisalfaser besteht, neigt zur Spaltung, nicht so das hemikonzentrisch gebaute Gefäßbündel, aus dem die Kantalafaser hauptsächlich zusammengesetzt ist. Dieses Gefäßbündel ist durch einen Bastmantel weitgehend vor Spaltung und Zerreißung geschützt.

Die Büschel der Kantala sind oft noch länger als die des Sisal, was in der größeren Länge der Blätter von *Agave cantala* begründet ist, aber nicht ausnahmslos gilt, wie bereits bezüglich der Javasorten hervorgehoben wurde. Wenn aber die Länge dieser Büschel oder Stränge bis auf 2 m steigt, so ist damit auch nicht gesagt, daß die einzelnen Fasern eine solche Länge erreichen. In Beziehung auf das Verhältnis der Länge der Fasern zu dem der Stränge oder Büschel gilt, was hierüber beim Sisal gesagt wurde. In der Dicke und in der Dickenzunahme der einzelnen Fasern ist gegenüber Sisal kein großer Unterschied wahrzunehmen. Die leichte Spaltung und Zerreißbarkeit der Sisalfasern bringt es allerdings mit sich, daß infolge der auf diese Art sich ergebenden Verletzungen die Dickenzunahme der Fasern vom oberen zum unteren Ende bei Sisal eine größere Unregelmäßigkeit aufweist als bei Kantala.

Auf Grund des anatomischen Baues der Blätter von *Agave sisalana* und *A. cantala* lassen sich mit Zuhilfenahme des Mikroskops nach zwei Richtungen hin durchgreifende Unterschiede zwischen Sisal und Kantala feststellen. Es muß aber nach jeder dieser beiden Richtungen mit Vorsicht vorgegangen werden. Erstens: wie die anatomische Untersuchung lehrt, kommen im Blatt von *A. sisalana* vorwiegend kollaterale Bündel vor und nur in bestimmten schon angegebenen Regionen des Blattes auch hemikonzentrische oder Bildungen, die zur hemikonzentrischen Ausbildung neigen. Dagegen herrschen bei *A. cantala* die hemikonzentrischen Bündel vor. Im Sisal fehlen die hemikonzentrischen Bündel entweder ganz oder sind nur spärlich vorhanden, während sie in der Kantala vorherrschen. Es ist schon früher darauf aufmerksam gemacht worden, daß beim Trocknen der Faser die hemikonzentrischen Bündel durch Eintrocknung des Weichbastes wie von einem lufterfüllten Kanal durchzogen erscheinen. Solche hohle Bündel können bei Sisal spärlich vorkommen oder auch gänzlich fehlen; bei Kantala bilden sie den

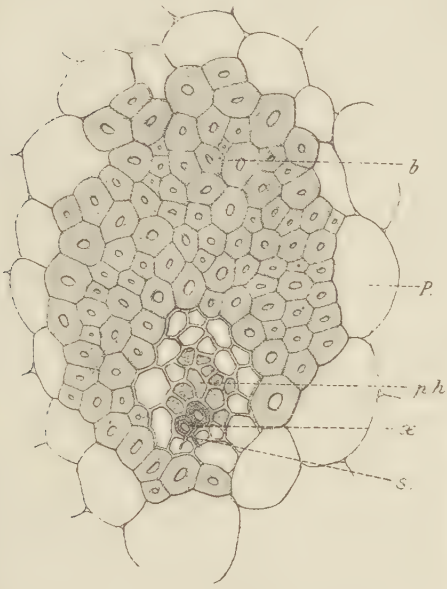


Abb. 82.
Querschnitt durch das hemikonzentrische Bündel von *Agave cantala* mit stark exzentrisch gelegenem Mestom. *x* Xylem mit Schraubengefäßen *s*, *ph* Phloem (Siebteil davon), *P* Parenchym (Mesophyll). Vergr. 400.

vorwiegend auftretenden mikroskopischen Bestandteil. — Zweitens: Die Dimensionen der Bastzellen lassen sich bei Beachtung bestimmter Vorsichtsmaßregeln zur Unterscheidung von Sisal und Kantala heranziehen, obgleich die Dicke sowohl als auch die Länge dieser Zellen je nach der Lage im Blatte wechselt. Aber dieser Wechsel erfolgt mit Gesetzmäßigkeit.

Es ist schon oben gezeigt worden, wie man imstande ist, die Länge der Bastzellen, bestimmten Partien der Fasern entnommen, zur Unterscheidung der Kantala vom Sisal zu benutzen. Wenn man nämlich die längsten Fasern eines Büschels, die etwa der Länge des Blattes entsprechen, aussucht und in der mittleren Partie dieser Fasern die Länge der Bastzellen bestimmt, so erhält man bei Kantala eine Länge von 1,5—2,6, bei Sisal eine Länge von 2,4—4,4 mm.

Abb. 83.
Einfaches Bastbündel aus dem Blatte von *Agave cantala*. *b* Bastzellen, *P* Parenchym (Mesophyll). Vergr. 400.

Wie bei allen Agavefasern kommen auch in der Kantala einfache Baststränge vor (Abb. 83).

Das Zerreißgewicht der Kantalafaser (Manila maguey) ist nach Dewey und Goodloe (175) 20,5 g.

Kantala gilt als die beste der Agavefasern, sie ist weißer, flexibler und weicher als Sisal und Henequen. Dewey rühmt insbesondere das javanische Produkt. Die besten Sorten erzielen höhere Preise als die besten Sorten von Sisal.

Die Kantalafaser wird wie der Sisalhanf zur Erzeugung von Tauwerk benutzt, wobei allerdings darauf hingewiesen werden muß, daß der Sisalhanf in Amerika und Europa größere Absatzmöglichkeiten hat wie die feinere Kantalafaser, die sich vor allem mehr für Bindfäden, Netze, Hängematten eignet, aber in Amerika, gemischt mit anderen Fasern, auch in be-

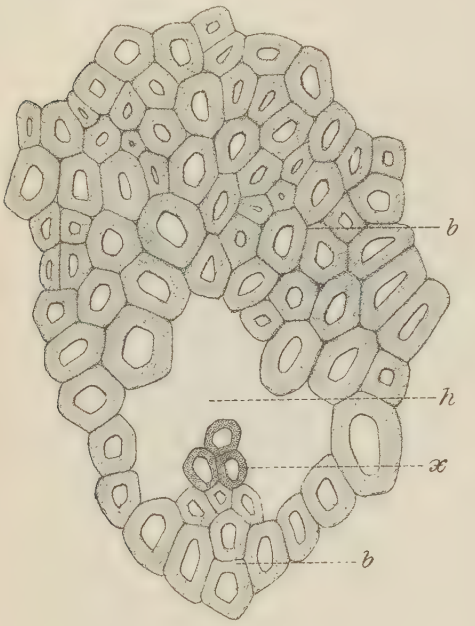


Abb. 84.
Querschnitt durch die infolge Eintrocknens des Weichbastes hohl gewordene Faser von *Agave cantala*. *x* Xylem mit Gefäßen, *b* Bastzellen, *h* Hohlraum. Vergr. 400.

schränktem Maße zur Erzeugung von »Selbstbindern« für die Mähmaschinen verwertet werden. Auf den Philippinen soll die Magueyfaser auch zur Erzeugung von feineren Geweben nach Art der Ananas verwertet werden [Tobler (695)].

c) Die Faser von *Agave fourcroydes* (Henequen).

Diese Faser ist die älteste unter den Agavefasern des Handels. Sie wird schon seit langer Zeit aus Mexiko, besonders aus Yukatan, aber gegenwärtig auch aus andern mexikanischen Staaten (Campeche, Chiapas, Sinaloa, Tamanlipas) und aus Kuba und Jamaika in den Handel gebracht.

Die Pflanze kommt auf den trockensten Gründen fort und gedeiht am besten auf vulkanischen Böden. Die Vermehrung erfolgt durch Wurzelschößlinge. Die Blätter erreichen eine Länge von 1,5—2,5 m, werden in verschiedenem Reifezustand geerntet und geben deshalb Fasern von sehr ungleicher Güte. Auch die Gewinnungsweise übt auf die Qualität des Produkts großen Einfluß aus. Die Blätter werden vor der Fasergewinnung entweder, in Bündel zusammengefaßt, einer Kaltwasserröste unterzogen, sodann geklopft und dann wird auf primitive Weise durch Handarbeit die Faser abgeschieden, oder sie werden ohne vorhergegangene Röste durch Maschinenarbeit entfasert. Die durch Röste gewonnene Faser ist weniger gut.

Im Handel erscheint Henequen in Form von Büscheln und Strängen, die ganz in derselben Weise wie die Stränge und Büschel von Sisal und Kantala aufgebaut sind und Fasern von sehr verschiedener Länge enthalten, deren schmale Enden nach einer, deren breite Enden nach der andern Seite gewandt sind. Im großen ganzen nimmt die Breite der Faser vom oberen (schmalen) gegen das untere (breite) Ende zu, aber sehr unregelmäßig. Namentlich an geringen Sorten ist die Faser nicht nur an vielen Stellen gespalten, sondern auch zerrissen.

Diese Zustände der Faser haben Ähnlichkeit mit denen, die wir beim Sisal kennen lernten, und haben auch denselben anatomischen Grund. Die Fasern entsprechen nämlich vorwiegend kollateral gebauten Gefäßbündeln, die zumeist nach außen und innen hin in zwei getrennten Partien dichtes, festes Bastgewebe führen, zwischen dem die mechanisch schwächeren Gewebe (Weichbast und Xylem) gelegen sind, die bei der mechanischen Bearbeitung stark angegriffen werden, wodurch es zu Spaltungen der Fasern und andern mechanischen Verletzungen kommt. In Beziehung auf den Durchmesser und die Wandverdickung unterscheiden sich die Bastzellen von Henequen, Sisal und Kantala nicht oder wenigstens nicht auffällig und in ihrer Länge stimmen sie sehr nahe mit der Bastzelle des Sisal überein. Man sieht also, daß im anatomischen Bau und dem-

entsprechend auch in mancher Eigenschaft große Ähnlichkeit zwischen Sisal und Henequen besteht, was auf die natürliche Verwandtschaft der diese Fasern liefernden Pflanzen hinweist, die von manchen Botanikern nicht als besondere Spezies, sondern als Varietäten ein und derselben Art angesehen werden.

Je nach dem Reifezustand des geernteten Blattes und nach der Gewinnungsweise fallen die Handelsprodukte sehr verschieden aus. Die minderen Sorten sind gelblich gefärbt, hart und brüchig, während die besten Sorten weißlich, weich und geschmeidig sind. Diese Sorten sind nach den modernen rationellen Methoden der Entfaserung und Reinigung der Fasern hergestellt, und so hat es den Anschein, als ob sich Sisal von Henequen weniger durch spezifische Eigentümlichkeiten, als durch die Art, wie die Ernte und Entfaserung vorgenommen wurde, unterscheide.

Dazu ist noch zu bemerken, daß Wiesner zur Untersuchung der anatomischen Verhältnisse der Fasern von *Agave americana, sisalana* und *cantala* nicht nur diese, sondern auch die Blätter der Stammpflanze benutzen konnte. Hingegen gelang es ihm nicht, die Blätter von *A. fourcroydes* zu erhalten, und alle oben angegebenen histologischen Eigentümlichkeiten der Henequen-Faser wurden nur an dem Fasermaterial angestellt, das ihm Dewey zur Verfügung stellte. Die histologischen Kennzeichen der Henequen-Faser konnten also nicht mit der gleichen Sicherheit festgestellt werden wie bei den drei oben genannten Fasern, bei denen die Identität des Handelsproduktes mit der Faser der Stammpflanze völlig klargelegt werden konnte.

Aus den mitgeteilten Daten über die histologischen Eigentümlichkeiten der Fasern von *Agave americana, sisalana* und *cantala* kann mit voller Sicherheit abgeleitet werden, daß sich diese drei Fasern unterscheiden lassen. Durch die Form und Verdickungsweise der Bastzellen kann man sicher unterscheiden zwischen *Agave americana* einerseits und *A. sisalana* und *cantala* anderseits. Im Querschnitt wird man augenblicklich zwischen Sisal und Kantala unterscheiden können durch den Reichtum bikollateraler Bündel bei ersterem und durch den Reichtum sogenannter hemikonzentrischer Bündel bei der letzteren.

Nach den bisherigen Untersuchungen scheint sich Henequen nur sehr wenig von Sisal zu unterscheiden und später mit Rücksichtnahme auf die Anatomie des Blattes der Stammpflanze durchgeführte Prüfungen werden lehren, ob sichere Unterschiede zwischen Sisal und Henequen — die beiden letzten im Sinne unserer Terminologie genommen — bestehen. Insofern ist jetzt schon eine Übereinstimmung der Kennzeichen von Sisal und Henequen anzunehmen, als in beiden die hemikonzentrischen Bündel entweder fehlen oder nur sehr spärlich auftreten, was nach Wiesner auf eine Übereinstimmung im anatomischen Bau des Blattes von *Agave sisalana* und *fourcroydes* hinzuweisen scheint. Bei *Agave sisalana* wurde sicher festgestellt, daß hemikonzentrische Bündel nur am Rande, besonders in der Spitzenregion des Blattes auftreten. Auf diese Weise wird es erklärlich, daß hemikonzentrische Bündel auch im Sisal vorkommen können. Da diese spärlich auch im Henequen zu finden sind, so vermutet Wiesner, daß die Blätter von *A. fourcroydes* in Beziehung auf den Bau der Gefäßbündel mit den Blättern von *A. sisalana* übereinstimmen.

Die Henequenfaser ist die wichtigste Faser für die Erzeugung von sogenannten »Selbstbindern« (binder twine) für die Getreideernte. Diese Faser soll 80 % des ganzen Bedarfs für diese Zwecke decken [Edwards (201)]. Ihr Zerreißgewicht wird von Dewey und Goodloe (175) mit rund 20 g angegeben.

Bevor wir darangehen, die Fasern einiger der oben namhaft gemachten in Amerika gewonnenen und hauptsächlich dort verwandten Fasern zu charakterisieren, sei hier noch auf zweierlei hingewiesen: erstens auf die Eigentümlichkeiten, die allen Agavefasern zukommen, und sodann auf einige unter Umständen zur Charakteristik der Fasern heranzuziehende Besonderheiten, die bisher noch nicht erwähnt wurden.

Den Hauptbestandteil der Agavefasern, mögen sie Gefäßbündel oder einfache

Baststränge sein, bilden Bastzellen, die in allen zur Handelsware gewordenen Fasern kurz und mehr oder weniger dickwandig sind. Wenn in der Faser Gefäße (Ring-, Schrauben- und Netzgefäße) meist nur spärlich vorkommen, so liegt der Grund hierfür nicht nur darin, daß der Gefäßteil des Gefäßbündels im Blatt der Agaven gewöhnlich nur schwach ausgebildet ist, sondern ist auch auf den Umstand zurückzuführen, daß bei der Fasergewinnung die Gefäße stark angegriffen und relativ gründlich entfernt werden. Nur bei starker Ausbildung sogenannter hemikonzentrischer Gefäßbündel (Kantala) bleiben die Gefäße verhältnismäßig reichlich erhalten. Neben Bastzellen und Gefäßen führen die Agavefasern auch Bastparenchymzellen, die nicht selten Kristalle von Kalziumoxalat enthalten. Durch Aneinanderreiben von Agavefasern erhält man Teilchen, die vielfach aus Parenchymzellen mit Kalkoxalatkristallen bestehen. Ein wichtiges Leitelement sind die Epidermisteile mit den dickwandigen Zellen und den tiefliegenden Spaltöffnungen, die von vier benachbarten Epidermiszellen überwölbt werden und nach Iterson (392) daher ein eigenartiges Bild geben. Durch Jodlösung werden die Bastzellen aller Agavefasern gelb, auf Zusatz von Schwefelsäure bräunlich gefärbt. Anilinsulfat ruft an allen Agavefasern Gelbfärbung, Phlorogluzin + Salzsäure Rotviolettfärbung hervor. Alle Agavefasern, selbst die besten, weißesten, sind somit verholzt. Auf den Grad der Verholzung bei verschiedenen Agavefasern kommen wir später zurück. Durch Kupferoxydammoniak nehmen die Bastzellen aller Agavefasern eine bläuliche Färbung an, wobei sich eine schwache Quellung einstellt. Lufttrocken führen die Agavefasern 9—12 % Wasser. Im Maximum der Sättigung steigert sich der Wassergehalt bis auf 30 % und darüber. Die Agavefasern sind somit sehr hygroskopisch. Die Aschenmenge beträgt etwa 2 % (1,8—2,5) und die Asche enthält fast regelmäßig prismatische Pseudokristalle von Kalk, die von der Veraschung des Kalziumoxalats herrühren. Diese Pseudokristalle verwandeln sich auf Zusatz von Schwefelsäure in Gipsnadeln. Durch diese geformten Einschlüsse der Asche lassen sich die Agavefasern vom Manilahanf leicht unterscheiden, dessen Asche keine Pseudokristalle von Kalk, wohl aber Stegmata (siehe oben S. 405) enthält.

Verholzungsgrad der Agavefasern. Wie schon angegeben wurde, sind die Fasern aller von Wiesner untersuchten Agavefasern verholzt befunden worden. Er fand mit Ausnahme der unten kurz charakterisierten Dispopofaser, welche durch Phlorogluzin + Salzsäure nur sehr schwach gefärbt wird, alle anderen Agavefasern stark verholzt, indem sie durch Phlorogluzin + Salzsäure sehr intensiv rotviolett gefärbt werden. Zahlenmäßig wurde der Verholzungsgrad nach der Grafeschen Methode (siehe oben S. 433) nur an drei Agavefasern untersucht, an Kantala, an Sisal und an Dispopo. Setzt man den Ligningehalt der Jute = 1, so erhält man für diese drei Fasern die Vergleichswerte 0,9, 0,8, 0,15. Ob der geringe Verholzungsgrad der Dispopofaser eine angeborene Eigenschaft oder im Röstverfahren begründet ist, konnte Wiesner nicht entscheiden, da ihm nur die Faser, nicht aber die Blätter, die diese Faser liefern, zu Gebote standen. Ob der Verholzungsgrad diagnostisch, nämlich zur Unterscheidung einiger Agavefasern verwendet werden kann, müssen spätere Untersuchungen erweisen.

Höhe der Doppelbrechung der Agavefasern. Es wurde schon oben (S. 423) angegeben, daß die Fasern des Blattes von *Agave americana* sich durch eine sehr geringe Doppelbrechung auszeichnen. Die Höhe der Doppelbrechung, $\gamma - \alpha$, ist bei dieser Faser ($= 1{,}530 - 1{,}522 = 0{,}008$) der kleinste Wert, der bezüglich dieser optischen Eigenschaft an einer Pflanzenfaser gefunden wurde.

Nach A. Himmelbauers Untersuchungen ist:

$\gamma - \alpha$ für Henequen (*Agave fourcroydes*)	$1{,}546 - 1{,}519 = 0{,}027$
„ „ Sisal (*A. sisalana*)	$1{,}543 - 1{,}521 = 0{,}022$
„ „ Kantala (*A. cantala*)	$1{,}547 - 1{,}522 = 0{,}025$

Wie man sieht, ist die Höhe der Doppelbrechung bei diesen drei Fasern auch gering, wenn auch nicht so ausnahmsweise niedrig, wie bei der Faser von *A. americana*. Die gefundenen Werte stimmen aber so nahe miteinander überein, daß die Höhe der Doppelbrechung wohl kaum zur Unterscheidung der drei genannten Arten von Agavefasern benutzt werden kann.

Zur Charakteristik einiger weniger häufig vorkommenden Agavefasern des amerikanischen Handels. Die nachstehend mitgeteilten Daten beziehen sich auf Agavefasern, die Wiesner Lyster Dewey verdankte.

Tequila (*Agave tequilana*). 0,480 m lang, beiderseits abgeschnitten. Faser rund, glatt, am oberen Ende bis 96 μ, am unteren Ende bis 128 μ breit. Bastzelle sehr dickwandig. Fast rein weiß. Gefäßbündel kollateral, vereinzelte auch hemikonzentrisch. Stark verholzt.

Zapupe Azul (Z. fina) (*A. zapupe*). Länge der Faser = 0,950 m, beiderseits abgeschnitten. Faser sehr ungleichmäßig, häufig bandförmig. Bastzellen dickwandig. Gelblichweiß. In dieser Faser wurden nur kollaterale Gefäßbündel gefunden. Stark verholzt.

Tula ixtle. *A. lophanta* Schiede (= *A. lecheguilla*). Länge der Faser 0,460 m, beiderseits abgeschnitten, oben bis 20 μ, unten bis 55 μ. Faser rund, glatt, ziemlich gleichmäßig von oben nach unten zunehmend. Bastzellen sehr dickwandig. Farbe leicht gelblich bis lichtbräunlich. Gefäßbündel meist kollateral, doch auch vereinzelt hemikonzentrisch oder doch mit Neigung zu hemikonzentrischer Ausbildung. Mäßig verholzt (stärker als Dispopo, schwächer als Sisal).

Guapilla (*A. falcata*). Länge 0,450 m, beiderseits abgeschnitten, oben bis 80 μ, unten bis 192 μ dick, sehr fein, gleichmäßig, doch im Mikroskop an den Grenzen rauh, gleichmäßig in der Dickenzunahme. Es wurden nur kollaterale Gefäßbündel gefunden. Stark verholzt.

Dispopo (*A. cocui*). Länge 0,92 m, beiderseits abgeschnitten, im Vergleich zu allen anderen Agavefasern überaus weich, seidenglänzend, Fasern mehr wellig als gerade gestreckt, gelblich, sehr schwach verholzt. Es wurden nur kollaterale Gefäßbündel gefunden.

Jaumave ixtle von *Agave Funkiana* Koch et Bouché, die in den Hochgebirgstälern in der Nähe von Jaumave (Mexiko) vorkommt. Länge 0,852 m, beiderseits abgeschnitten, oben bis 120, unten bis 560 μ. Bastzellen nicht stark verdickt, etwa wie bei *Agave americana*, häufig mit bräunlichem Inhalt. Faser hart, steif, glatt. Es wurden nur kollaterale Bündel gefunden. Stark verholzt.

Infolge des Bestrebens, die Pulqueerzeugung in Mittelamerika zu vermindern, tritt behufs Verwertung verschiedener saftreicher Agave-Arten die bisher nur in Nebennutzung lokal durchgeführte Fasererzeugung mehr in den Vordergrund und das erklärt das in den letzten Jahren gesteigerte Angebot an »Magueyfaser«, die zum Teil verschiedener botanischer Abstammung und vielfach minderer Güte ist. Die Verwertung der Pulque-Agaven mit ihren fleischigen Blättern für die Fasererzeugung dürfte wegen des stark ätzenden, die Eisenteile der Maschine angreifenden Saftes der Blätter keine Zukunft haben, und es wäre an den Ersatz der bisher gebauten Arten je nach den Bodenverhältnissen und je nach Klima durch Sisal- oder Henequen- oder Kantala-Pflanzen zu denken. [Siehe Tobler (695).]

29. **Musafasern (Manilahanf).** Der Manilahanf des Handels stammt fast ausschließlich von *Musa textilis* Née. (= *M. mindanensis* Rumph. = *M. silvestris* Colla). Diese Pflanze kommt auf den Philippinen und Molukken angeblich wildwachsend vor; aber die wilde (oder verwilderte?) Pflanze liefert zu wenig Faserstoff, als daß seine Gewinnung sich lohnen würde (Preyer, 556). Was auf den Philippinen »Layason« genannt und nur lokal gewonnen und benützt wird, rührt von wildwachsenden Pflanzen her (Bruck, 102). Die Handelsware stammt durchweg von kultivierten Pflanzen.

Die Hauptmasse des Manilahanfs wird auf den Philippinen gewonnen, wo man die Pflanze seit uralter Zeit kultiviert und wo die klimatischen und Ernährungsbedingungen der Kultur außergewöhnlich günstig sind. Hohe Durchschnittstempe-

ratur (26—27°) und gleichmäßige, reichliche, über das ganze Jahr verteilte Niederschläge sind die Vorbedingungen für ein gutes Gedeihen des Manilahanfs. Die Faser, die einen wichtigen Exportartikel der Philippinen bildet, heißt dort »Abacá«.

Musa textilis wird auch anderwärts in den Tropen gebaut und auf Fasern ausgebeutet, so auf Java, Sumatra, Celebes und Borneo, auf Martinique, Guadeloupe, in Neukaledonien und in Queensland, aber meist mit geringem Erfolg. Nach Labhart (Österr. Ztschr. f. d. Orient, **182,** 94 ff.) dürfte die wenig erfolgreiche Kultur des Manilahanfs außerhalb der Philippinen auf ungünstige Bodenverhältnisse zurückzuführen sein. Nach Semler (664, III, 712) sind die relativ hohen Arbeitslöhne in den neuen Anpflanzungsgebieten, wohl auch das besonders gute Gedeihen der Abacápflanze auf den Philippinen die Ursache, weshalb der dort erzeugte Manilahanf noch ohne Konkurrenz dasteht.

Nach Labhart, der als Konsul auf Manila die Abacákultur genau kennen lernte, gedeiht auch auf den Philippinen *Musa textilis* nicht überall gleich gut, sondern nur auf vulkanischen Böden bestimmter Gebiete. Die »Hanfprovinzen« der Philippinen liegen im Süden von Luzon und auf einigen der Visayas-Inseln (Camarines, Albay und Leyte), nach Semler auch auf Bohol, Mindano und Carnequin. Weitere und eingehende Daten über die Kulturgebiete des Manilahanfs sind in Brucks Abhandlung (102) zu finden.

Die Kultur der Faserbanane begann in Java erst im Jahre 1905 und schien anfangs erfolgversprechend zu sein, zumal im Jahre 1911 bereits 200 Tonnen Manilahanf produziert wurden. Seither ist aber die Kultur zurückgegangen, und im Jahre 1920 waren nach Iterson (390) in Lampong nur 21 ha in reiner und 192 ha in gemischter Kultur für Manilahanf verwertet. Die Ursache dieses Rückganges sieht Iterson in der geringeren Güte der auf Java erhaltenen Manilahanfsorte im Vergleich zu dem von den Philippinen stammenden Faserstoff, welche geringere Beschaffenheit er auf die in Java übliche maschinelle Gewinnungsmethode zurückführt. Bruck (102) meint, daß selbst unter den günstigsten Verhältnissen die Kultur des Manilahanfs auf Java nie den Erfolg haben wird, den Reis, Kaffee und Zuckerrohr erzielen. Die Pflanze wird meist nur als Nebenkultur von Kautschukbäumen (besonders von Hevea-Arten) gehalten. Auch glaubt Bruck, daß sich die Manilahanfkultur auf Java vielleicht nur in der Hand der Eingeborenen, wenn ihnen einfache Entfaserungsmaschinen zu Gebote stehen würden, bewähren könnte. Für den Kolonisten ist keine Hoffnung vorhanden, aus dieser Kultur entsprechenden Nutzen zu ziehen. H. Winkler (777) empfiehlt die Kultur des Manilahanfs durch Eingeborene für Neu-Guinea und Kamerun.

Der Manilahanf wird auf den Philippinen seit alter Zeit gewonnen. Allein eine regelrechte Kultur von *Musa textilis* begann erst nach 1800, in welchem Jahre die spanische Regierung eine Studienkommission auf die Philippinen entsandte. Die nun ziemlich rasche Ausdehnung der Kultur und deren wirtschaftliche Bedeutung kommt am besten in den später mitzuteilenden Exportzahlen zum Ausdruck.

Ehe näher auf den Manilahanf des Handels, nämlich auf die Faser von *Musa textilis* eingegangen wird, mögen einige Bemerkungen über die Fasern anderer Musa-Arten, die man dem Gebrauche zuzuführen bestrebt ist, hier Platz finden. Außer *Musa textilis* dienen noch andere Musa-Arten zur Fasergewinnung, so z. B. *M. paradisiaca* und *sapientum,* die bekanntlich die Bananen liefern; die Fasergewinnung ist hier bisher mehr Nebennutzung. *Musa paradisiaca* soll bessere Faser liefern als *Musa sapientum* [Hautefeuille (310), Halama (271)]. Auch *M. Cavendishi* und *M. ensete* liefern Fasern. Beispielsweise wird *Musa paradisiaca* in Guayana (147), *M. sapientum* in Vorderindien [Miquel (502)], die in Abyssinien heimische *M. ensete* in Neusüdwales auf Faser verarbeitet. Die genannten Musa-Arten liefern bisher durchaus minderwertige Produkte, die sich mit dem Manilahanf von *M. textilis* nicht vergleichen lassen und auch unter anderen Namen (Bananenfaser, Plantainfibre usw.) erscheinen, meist nur an Ort

und Stelle verwandt werden oder nur zur Papierfabrikation dienen.

Nach neueren Angaben geben allerdings die eßbare Bananen liefernden Musa-Arten nicht so schlechte Fasern, wie die wilden Bananen, sogar eine gute Sorte, wenn die Ernte unmittelbar vor dem Blühen vorgenommen wird. Die Verwertung der Eßbananen zur Fasergewinnung nach der Ernte der Früchte hält man aber auch noch für rentabel, da jeder Bananenstamm 1—3 Pfund Fasern geben könnte, was bei der großen Anzahl von in einem Jahre gefällten sogenannten Stämmen eine wirtschaftlich nicht zu unterschätzende Nebennutzung der Eßbananen wäre, trotzdem die Faser nach der Fruchternte etwas überreif ist und an Elastizität und Glanz verloren hat. Allerdings müßte nach Halama (271) die Entfaserung möglichst bald nach dem Fällen der Stämme (1—2 Tage nachher) durchgeführt werden, da die im Stamm enthaltene Gerbsäure der Faser bei zu langer Einwirkung schädlich sein soll.

Aus der Kanarienbanane (*Musa Cavendishi*) soll auch eine Faser erhalten werden können, die bei guter Aufbereitung bezüglich Aussehen und Reißfestigkeit mit erster Qualität von Abacá in Wettbewerb treten könnte. Über die wirtschaftliche Zukunft einer solchen Fasergewinnung läßt sich heute allerdings noch nichts Sicheres aussagen.

Musa basjoo Sieb. et Zucc. wird in Japan auf Faser ausgebeutet. Man unterscheidet eine gröbere Sorte, die zu Seilerwaren dient, und eine feinere, die versponnen wird und einen geschätzten Kleiderstoff (Bashoo fu) liefert [Fesca (229) II, S. 126].

Von anderen Musa-Arten, die in neuerer Zeit versuchsweise zur Gewinnung von Manilahanf verwandt werden, seien noch *M. ulugurensis* O. Warb. und *M. Holstii* K. Schum., beide im früheren Deutsch-Ostafrika, genannt.

Nach einem Bericht, den A. Zimmermann über die Faser dieser beiden Musa-Arten erstattete (Der Pflanzer, Bd. II, 1906, S. 77 ff.), ist die Faser der *Musa Holstii* von besonders guter Qualität und überragt die der *M. ulugurensis* in jeder Beziehung. Unter anderm wurde konstatiert, daß der Zellulosegehalt der ersteren bis auf 78,1 % steigt (erste Qualität 78,1, zweite Qualität 74,5), während er bei der letzteren nur 70,7 % beträgt.

Wiesner bezeichnet eine Faserprobe, die er aus Afrika von der zweiten Art erhalten hat, als sehr rein ausgearbeitet, aber in Beziehung auf die spezifischen Qualitäten des Manilahanfes an gute Handelsware nicht heranreichend.

Die Faser von *Musa textilis* führt außer den Namen Manilahanf (Manila hemp) und Abacá noch die Namen Menado hemp, Cebu hemp, Siam hemp, white rope, canapa di Manilla und Pisang utan.

Musa textilis gedeiht in den obengenannten »Hanfprovinzen« der Philippinen überaus üppig. Nach Labhart erreicht die Pflanze dort eine Höhe bis zu 6 m und der Teil der Pflanze, den man den Stamm nennt, der sich aber, wie wir gleich sehen werden, aus Blatteilen zusammensetzt, 3,5 m. Dieser sogenannte Stamm wächst bis auf 18 cm Dicke heran. Die Pflanze muß durch anderthalb bis drei Jahre auf dem Felde stehen; dann erst ist sie schnittreif. Es ist dies die Zeit, in der die Blüten zum Vorschein kommen. Halama (272) gibt allerdings an, daß in den Tropen die Blütezeit schon in den 6.—18. Monat fällt.

Von *Musa textilis* existieren zahlreiche Varietäten, die verschiedene Fasererträge liefern, die sich im Extrem zueinander wie 2 : 1 verhalten. Die ertragreichste Sorte soll nach Bruck Tangongon sein, die 2,6 %, die geringste Sinaba sein, die nur 1,3 % Faser liefert.

Häufig fand man früher die Angabe, daß die Blätter der genannten Musa-Arten den Manilahanf liefern. Man verstand hierunter die vom »Stamm« abstehenden Blatteile, also die Blattspreiten. So aufgefaßt ist diese Angabe vollkommen unrichtig. Die Gefäßbündel der freien Blatteile besitzen nur geringe Festigkeit und Haltbarkeit, so daß sie zur Darstellung von Seilen, Tauen u. dgl. nicht tauglich sind. (Nach Blumentritt in Öst. Ztschr. f. d. Orient, Wien 1881, S. 161 ff., sollen allerdings die Fasern der Blätter zur Papierbereitung geeignet sein.) Aber auch die gewöhnliche, auf die Autorität hervorragender Botaniker sich stützende Angabe, daß der Stamm der Musa-Arten den Manila-

hanf liefere [s. Miquel (502)], ist, vom wissenschaftlichen Standpunkt aus betrachtet, nicht richtig. Das, was man an den Musa-Arten als Stamm zu betrachten geneigt wäre, und wovon tatsächlich der Manilahanf abgeschieden wird, ist strenggenommen nur ein falscher Stamm (Scheinachse) [siehe Peterson in Engler-Prantl (214, II, 6, 1899, S. 1 und 7)], er setzt sich nämlich aus den dicht zusammenschließenden Vaginalteilen der Blätter zusammen; der faktische Stamm liegt als Rhizom im Boden und sendet Laubtriebe nach oben, an denen die Blütenstände in den Blattachseln zur Ausbildung kommen.

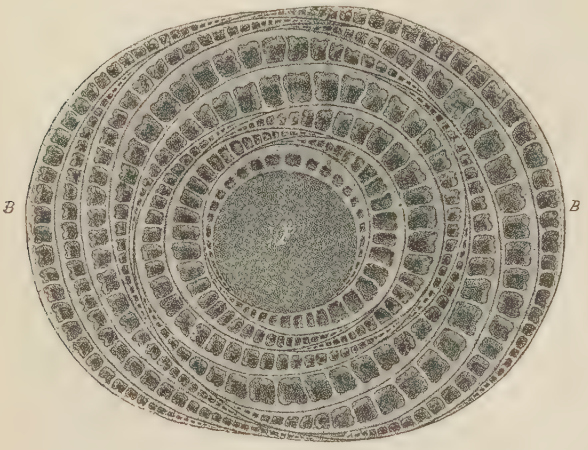


Abb. 85.
Querschnitt durch den aus Blattvaginalteilen (*B*) bestehenden Scheinstamm von *Musa*, aus dem obersten, stark verschmälerten Teile. *F* die durch den hohlen Scheinstamm hindurchwachsende Blütenstandachse. Die dunkeln Partien von *B* entsprechen den großen, luftführenden Interzellularräumen *il* der Abb. 86. Natürl. Größe.

Aus der obengenannten »Scheinachse« wird, wie schon bemerkt, der Manilahanf abgeschieden. Es geschieht dies zur Zeit der Blüte oder kurz vorher. In dieser Periode ist die Faser reif und nur in diesem Lebensabschnitt der Pflanze ist ein gutes Produkt zu gewärtigen. Unreife und überreife Fasern sind geringerwertig als reife. Die Reife der Faser tritt bei verschiedenen Spielarten zu verschiedenen Zeiten ein. Die Ernte auf den Philippinen wird daher in den verschiedenen Monaten des Jahres vorgenommen [Edwards et Saleeby (202)]. Man fällt den »Stamm« und entfernt die vom Scheinstamm frei abstehenden Blatteile (die Spreiten), was wegen der großen Weichheit des Materials durch einen einzigen mit einem Messer geführten Querschnitt geschehen kann.

Was nun die Abscheidung der Faser aus dieser Scheinachse betrifft, so lauten die älteren Angaben dahin, daß man die »Stämme« fällte, hierauf durch Fäulnis einer Art Röste unterwarf und die Masse durch Eisenkämme zog, um die Fasern von den Resten der anhaftenden Nachbargewebe zu befreien. Neuere Berichte erwähnen diese Röste entweder nicht mehr oder sprechen nur von einem bis zu zwei Tagen dauernden Lagern der »Stämme«.

Die Fasergewinnung erfolgt im Handbetrieb mit sehr einfachen Werkzeugen. In der Zeit bis zu zwei Tagen nach dem Fällen der »Stämme« werden die faserhaltigen, äußeren Teile der einzelnen Blattscheiden in Form von 5—8 cm breiten Streifen, die »Tuxis« genannt werden, von den fleischigen Teilen mit einem kleinen, scharfen Stück Horn abgezogen. Eine Blattscheide liefert 2 bis 4 solcher Streifen, die so lang sind wie der ganze Scheinstamm.

Gewöhnlich werden die Tuxis gleich nach Farbe und Strippung etwas sortiert. Die aus dem peripheren Teil der Blattscheide stammenden Streifen geben die grobfaserige, auf den Philippinen Bandala genannte Sorte, sodann folgt die Sorte Lupis und zu innerst wird die feinste Sorte Tupoz gewonnen. König (413) erwähnt noch eine zwischen Lupis und Tupoz stehende Sorte Quilot.

Nach der Ablösung und Sortierung der Tuxis folgt nun das eigentliche Entfasern mit Hilfe von primitiven Vorrichtungen, »paguyan« oder »jagutan« (sprich: hagutan) genannt, die im wesentlichen aus einem Stamm, auf dem ein mittels Hebel gegen einen Holzblock drückbares Messer befestigt ist. Die Bänder werden unter das Messer gebracht, das Messer wird gegen den unterliegenden Holzblock gepreßt und die Streifen werden mit einer kräftigen Bewegung durchgezogen. Dieser Vorgang wird behufs Entfernung des

fleischigen Materials mehrmals wiederholt, bis der Arbeiter ein schmales Bündel reiner trockener Fasern erhalten hat. Der Grad der Reinigung, der wieder Stärke und Farbe, also die Qualität der Faser bedingt, wird beeinflußt von der Beschaffenheit der Messerschneide und von der Größe des Druckes, mit dem das Messer gegen den unterliegenden Holzblock gepreßt wird. Mit gezähntem, lose befestigtem Messer wird mehr Faser, aber von geringerer Qualität erhalten, während mit einer glattstumpfen Schneide bei stärkerem Druck weniger, aber hochwertige Faser erzielt wird. — Das Entfasern ist eine sehr anstrengende Arbeit. Die Art ihrer Durchführung entscheidet aber über die Qualität des Faserstoffes. Und die ganze Zukunft der Manilahanfindustrie hängt nach Bruck (102) von der Qualität der Faser ab.

Nach der Gewinnung der Fasern werden diese 2—4 Stunden (auch bis zu zwei Tagen) getrocknet, gebündelt und sodann auf den Markt gebracht. Um die Fasern beim Trocknen vor dem Wechsel zwischen Sonne und Regenfall zu schützen, erfolgt die Trocknung häufig in eigenen Trockenscheunen.

Beim Exporteur wird die Faser nach den kommerziellen Graden nach Farbe und Stärke sortiert. Seit der Manilahanfreform 1915 ist auf dem amerikanischen Markt ein Graduierungssystem mit Buchstaben eingeführt [König (413)].

Der größte Teil des Manilahanfs des Handels wird noch auf die oben angedeutete Weise gewonnen. Die Versuche, die man mit der maschinellen Gewinnung auf den Philippinen gemacht hat, haben nach Iterson (391) noch zu keinem bleibenden Resultat geführt. In Java hatte man die ganze Hoffnung auf die maschinelle Gewinnungsmethode gesetzt, aber die auf diese Weise erhaltenen Faserqualitäten waren geringer und gegen den Philippinen-Manilahanf nicht konkurrenzfähig. Aber die Aufgabe, zweckentsprechende Entfaserungsmaschinen zu bauen, wird sicher in der Zukunft noch gelöst werden und dann wird sich auch die Kultur der *Musa textilis* auf Java lohnen.

Der Ertrag an Fasern schwankt bei einem Stamm je nach Sorte und Größe. 340—455 g Faser pro Stamm soll nach Bruck schon ein guter Durchschnitt sein, doch kommen gelegentlich auch Stämme vor, die bis $2^1/_2$ kg trockene Faser geben.

Die Verschiffung des auf Luzon und den gesamten Visayas-Inseln gewonnenen Manilahanfes erfolgt hauptsächlich von Manila und Cebu aus, daher die Namen Manila- und Cebuhanf. Die Faser wird in Ballen von 110—120 kg versandt.

Nach Bruck (102) wurden im Jahre 1818 41 Tonnen Manilahanf von den Philippinen in den Handel gebracht.

Im Jahre	1850	betrug	die	Ausfuhr	8 561 t
„ „	1860	„	„	„	30 000 t
„ „	1880	„	„	„	50 000 t
„ „	1900	„	„	„	89 000 t

Nach dem Tropenpflanzer, Bd. XV (1911), betrug die Ausfuhr von Manilahanf von den Philippinen:

Im Jahre	1903	132 000	t
„ „	1909	149 000	t
„ „	1910	170 000	t

Der Manilahanfhandel zeigt nach Halama (273) in den Ausfuhrziffern und in den Preisen große Schwankungen; er zeigt aber auch eine gewisse Abhängigkeit vom Handel mit Sisal, der billiger ist und daher auch einen gewissen Druck auf die Exportziffern ausübt. Für Deutschland, das 1912 53 000 dz, 1913 93 000 dz Abacá von den Philippinen einführte, wurde vor dem Weltkriege der ostafrikanische Sisal, der als besser galt als der mexikanische Sisal und als mindere Sorten von Abacá, recht bedeutungsvoll und dessen Einfuhr verminderte die Einfuhrmenge von Abacá.

In den letzten Jahren bringt das Auftreten und Umsichgreifen einer angeblich durch Bakterien verursachten Krankheit des Manilahanfes, die eine dunkle Verfärbung und eine Festigkeitsverminderung der Faser herbeiführt, eine gewisse Unsicherheit in den Handel dieser Faser. Näheres über Manilahanfhandel siehe Halama (273).

Charakteristik des Manilahanfes. Je nach dem Grad der Feinheit hat die Faser verschiedene Länge. Die grobe Faser (Bandala, Lupis) ist nach Wiesner bis 2,5 m lang und selbst darüber; sie besitzt eine maximale Dicke von

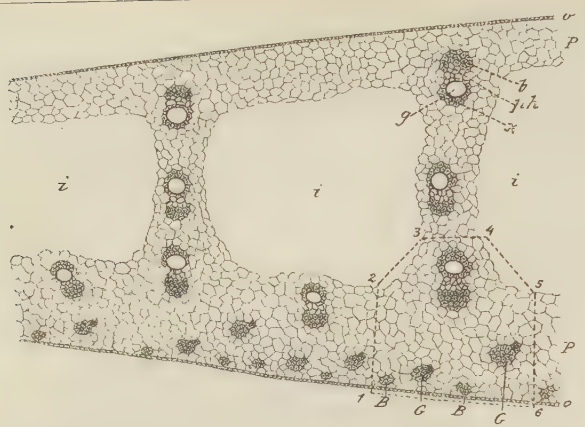


Abb. 86.
Stück eines Querschnittes, geführt durch den Vaginalteil des Blattes von *Musa*, *o'* obere, *o* untere Oberhaut. *ii* luftführende im Mesophyll (*P*) enthaltene Interzellularräume. *B* isolierte Baststränge. *G* reduzierte Gefäßbündel. *b* Bastbelege, *ph*, Siebteil des Phloems, *x* Xylem mit großen Gefäßen (*g*) und nach außen gekehrten halbmondförmigen Bastbelägen (s. Abb. 87). Vergr. 25.

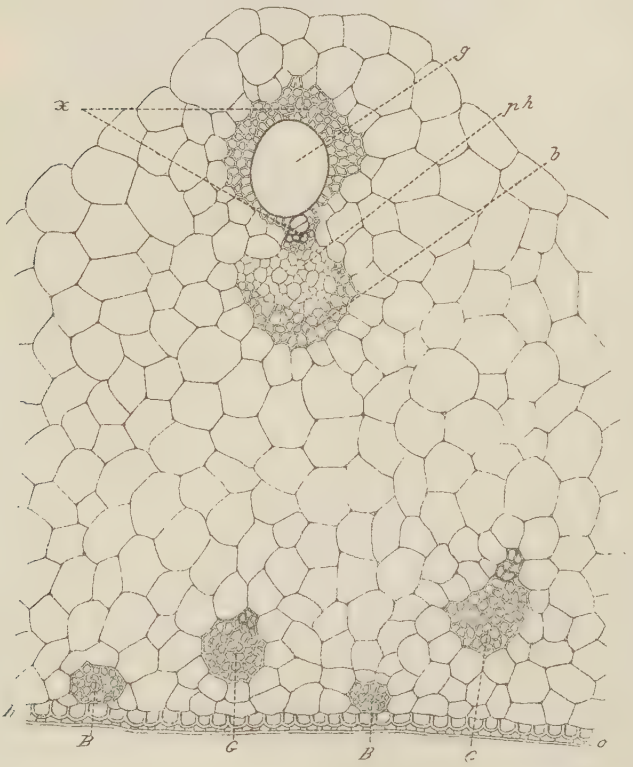


Abb. 87.
Das Stück *1, 2, 3, 4, 5, 6* der Abb. 86 stärker vergrößert. *o* untere Oberhaut, *h* Hypoderma. Im Mesophyll (*m*) isolierte Baststränge (*B, B*) und drei Gefäßbündel, davon *G G* reduziert, doch noch gefäßführend. *b, ph, x, g* wie in Abb. 86. Das große Gefäßbündel besitzt zwei halbmondförmige Bestbeläge, von denen einer dem Xylem *x* (in der Abb. oben), der andere dem Phloem angehört (in der Abb. unten, mit *b* bezeichnet). Vergr. 100.

100—280, meist von 220 μ. Die feinen Sorten von Manilahanf haben eine Länge von 1—2 m und eine bis auf 15 μ sinkende Dicke. Sowohl die feinen wie die groben Fasern sind im Längsverlauf sehr gleichmäßig in der Dicke. Der Manilahanf besitzt einen mehr oder weniger starken seidenartigen Glanz, ist nur in den besten Sorten fast weiß, sonst meist gelblich und bei absteigender Güte bis lichtbräunlich gefärbt. Manilahanf ist sehr hygroskopisch. Die lufttrockene Faser enthält bis 12,9 % Wasser. In mit Wasserdampf gesättigtem Raum steigert sich die Feuchtigkeitsmenge allmählich bis auf 45—56,1 %. Bei Ankauf dieses Faserstoffes ist also auf den Wassergehalt zu achten [Semler (664)]. Die Aschenmenge der groben Faser beträgt 1,22, die der feinen Faser 0,71 %. Die Asche ist grau, mit mehr oder minder starkem Stich ins Grüne. Mit Jodlösung wird der Manilahanf gelb, auf Zusatz von Schwefelsäure goldgelb bis grünlich. Kupferoxydammoniak bläut die Faser, bringt sie zur schwachen Aufquellung und verursacht nach Halama (273) bei ihr unregelmäßige Ausbuchtung und Krümmung. Durch Anilinsulfat wird der Manilahanf nach Wiesner nur schwach gelblich, durch Phlorogluzin + Salzsäure nur blaß violett gefärbt; diese Faser ist also nach Wiesner nur in geringem Grad verholzt, Höhnel (374) bezeichnet sie als ganz verholzt. In anatomischer Beziehung entspricht der Manilahanf im wesentlichen

den im Querschnitt halbmondförmig gestalteten Bastbelägen der Gefäßbündel, die einerseits das Phloem, anderseits das Xylem nach außen abgrenzen (Abb. 85 und 86). Doch finden sich nicht nur Reste von Phloem und Xylem, besonders große mit einem oder mehreren Schraubenbändern versehene Gefäße, sondern auch manchmal Parenchymzellen an den Fasern vor. Bessere Sorten zeigen als Anhangsgewebe nur Epidermisgewebe, während andere Sorten außerdem auch Grundgewebe und Gefäße anhängen haben. O. Richter (580) konnte bei Fasern von *Musa paradisiaca* in dem anhaftenden Grundgewebe Idioblasten feststellen, die er als vertrocknete Schleimzellen deutete. Außerdem fand er ebenso wie Ed. Hanausek (281a) neben stärkehaltigem Grundgewebe noch stärkehaltige Gefäßbündelscheiden. Im Manilahanf sind auch sehr reduzierte Gefäßbündel (Abb. 86 und 87 *G*), ja selbst einfache Baststränge (Abb. 86 und 87 *B*) nachweisbar. In der Peripherie der Bastbündel und Bastbelege finden sich Stegmata vor, die ganze Reihen bilden. Die Menge der Stegmata ist im Manilahanf im Vergleich zu den Piassaven gering, manchmal hat man Mühe, sie aufzufinden. Am leichtesten sind sie noch in der Asche nachzuweisen (Abb. 88).

Die Hauptmasse des Manilahanfes besteht aus Bastzellen. Sie lassen sich sowohl durch Chromsäure wie durch Kalilauge isolieren, sind nach Wiesner lang zugespitzt, 2,0—2,7 mm, meist 2,7 mm lang und 12—46, meist 29 μ dick. Halama (273) gibt die Länge der Faserzellen von *Musa textilis* mit 2—5 mm (im Mittel 3,8 mm), die Breite mit 10—20 μ (im Mittel 16,2 μ) und die Wanddicke mit 2—7 μ an.

Die Bastzellen sind ziemlich gleichmäßig dick, glatt, das Lumen derselben ist deutlich, von regelmäßigem Verlauf und die Enden der Faser sind fein und spitz. Die Zellwände der Bastzellen sind nach Wiesner mäßig bis stark verdickt und sollen keinerlei Strukturverhältnisse darbieten. M. Halama (272) konnte aber bei dieser Faser auch deutliche Verschiebungen nachweisen, die sicher Folgeerscheinungen der Gewinnung mit Entfaserungsmaschinen, also durch Druckwirkungen künstlich herbeigeführte Eigenschaften darstellen (Abb. 90).

Die Faser von *Musa paradisiaca* ist nach Wiesner kürzer als der echte Manilahanf, erreicht höchstens eine Länge von 0,5 m. Die maximale Dicke reicht von 17—210 μ und beträgt meist nahezu 140 μ. Im anatomischen Bau ist zwischen beiden Fasern nach Wiesner kein Unterschied zu bemerken. Die Bastzellen der Faser von *Musa paradisiaca* (Länge 2,1 bis 2,7, meist 2,7 mm; Dicke 14—42, meist

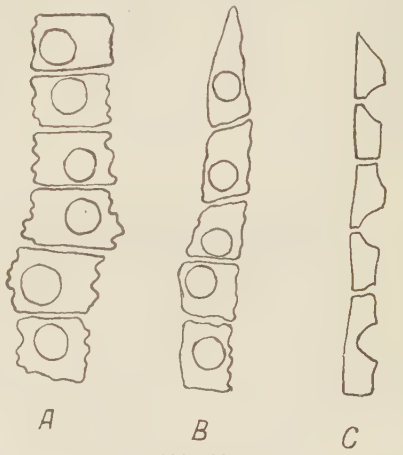


Abb. 88.
Reihen von Kieselsäureeinlagerungen der Stegmata von Manilahanf. Methylsalizylatpräparat, d. h. aufgehellt. *A* Von oben gesehen. *B* Von oben gesehen mit spitz zulaufendem Kieselkörper am Ende. *C* Von der Seite gesehen. Verg. 450. (Nach G. v. Iterson.)

24 μ) stimmen, wie man sieht, mit denen von *Musa textilis* sehr nahe überein. Die Faser der ersteren ist gleichfalls, und zwar etwas stärker verholzt als die der letzteren.

Die Reißlänge ist bei verschiedenen Qualitäten des Manilahanfes nicht gleich, sie steigt nach Halama mit der Qualität. Für Fasern von *Musa textilis* wird sie mit 18,6—35,9 km (32 km) und für Fasern der Obst- und Gemüsebananen mit 18,2—32,5 km (30,8 km) angegeben.

Dewey (175) gibt das Zerreißgewicht von Abacáfasern im Maximum mit 75 g, im Minimum mit 29,5 g und im Mittel mit 45,1 g an.

Die Verwendung des Manilahanfs ist sehr vielseitig und richtet sich nach dem Feinheitsgrad des Faserstoffs. Nach Europa kommen fast nur die gröberen Sorten (Bandala und gröbere Lupis), die

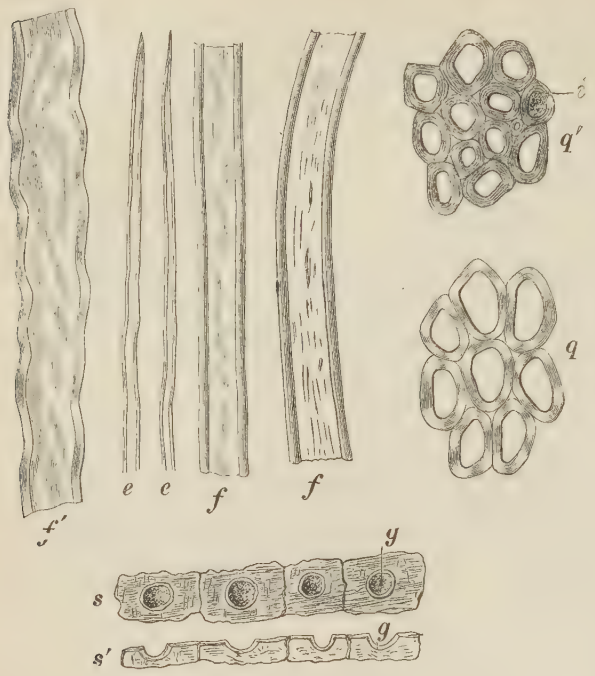


Abb. 89.
Manilahanf. *eff'* Bastzellen in der Längsansicht, *qq'* im Querschnitt, *e* Enden, *f'* gequetschte. *ss'* Stegmata aus der Asche der Faser, *s* in der Flächenansicht, *s'* im Profil. Vergr. 400. (Nach T. F. Hanausek.)

Semler — »dürfen nur Taue aus Manilahanf gebraucht werden, und in allen Lieferungskontrakten wird bestimmt, daß diesem Faserstoff keine anderen beigemengt werden.« Eine gewisse Einschränkung erfährt indes der Manilahanf selbst für den Schiffsbedarf, da sich die aus dieser Faser erzeugten Taue nicht teeren lassen. Er kann deshalb nur für Ankerketten und laufendes Tauwerk, nicht aber für fixes Tauwerk benutzt werden (Labhart). In Amerika werden aus mittleren Qualitäten von Abacá die besten und teuersten Sorten von sogenannten »Selbstbindern« (binder twine) hergestellt, die zum Binden der Garben bei der Getreideernte verwandt werden [Dewey (177)]. Die Sorte Tupoz und feinere Varietäten von Lupis dienen zur Herstellung von Geweben, die aber vorzugsweise in den Heimatländern verwandt werden, wo man feine Manilahanfgarne auch mit anderem Garn zu Luxusstoffen verwebt. Sinamay-Stoffe sind aus Seide und feinem Manilahanf gewebt und dienen zur Anfertigung von Hemden und Taschentüchern und sollen höchst dauerhaft sein. Sinamay de Sinulit ist ein als Hemdenstoff dienendes Gewebe, das aus Abacá, Seide, Baumwolle und Piña (Bromeliafaser) besteht (Blumentritt). Die feinsten Sorten von Manilahanf werden zu Nipiszeugen verarbeitet. Gröbere Manilahanfsorten werden auf den Philippinen zu einem Gewebe, Guinara genannt, verwoben und angeblich stark exportiert. Feine Sorten von Manilahanf werden in geringer Menge nach Europa, besonders nach Frankreich gebracht, wo sie zu Shawls, Damenhüten und anderen Luxusartikeln verarbeitet werden. Die Erzeugung der »Tagalhüte« aus Manilahanf ist eine im Aufblühen begriffene Industrie. Unbrauchbar gewordene aus Manilahanf erzeugte Schiffstaue bilden ein treffliches Material zur Papiererzeugung (Manilapapier) und auch der reichliche Abfall, der bei der Entfaserung gebildet wird,

Abb. 90.
Manilahanffaser von *Musa textilis* mit Verschiebungen. Faser mit Chlorzinkjod. Vergr. 370. (Nach Halama.)

ausschließlich zu Seilen und Posamenterien verwendet werden. Sie bilden ein bis jetzt kaum noch übertroffenes Rohmaterial zur Herstellung von Schiffstauen. Solche Taue sind widerstandsfähig im Wasser und zeichnen sich durch große Leichtigkeit und Tragkraft im Wasser aus. »In der britischen Marine« — sagt

gibt einen sehr guten Rohstoff für die Papierfabrikation, der von den Philippinen exportiert wird, aber auch dort zur Erzeugung des Manilapapiers verwertet wird. (Philippine Agric. Review I, 1908.)

30. Mauritiushanf. Oben wurde darauf hingewiesen, wie viele Spezies der Gattung Agave zur Fasergewinnung verwendet werden.

Unter diesen Pflanzen befindet sich ein früher als Agave, später als Fourcroya beschriebenes Gewächs, das den Mauritiushanf liefert, der immerhin eine gewisse Bedeutung erlangt hat.

Sämtliche Fourcroya-Arten gehören dem tropischen Zentralamerika an. Die Spezies, die den Mauritiushanf liefert, ist als *F. gigantea* Vent. (= *Furcraea gigantea* = *Fourcroya foetida*) beschrieben worden. Sie bildet wohl einen oberirdischen Stamm aus, aber auch hier dienen wie bei den mit grundständigen Blattrosetten versehenen Agaven die Blätter als Rohmaterial, aus dem die Faser abgeschieden wird.

Diese Pflanze hat sich mit Ende des 18. Jahrhunderts in zahlreichen Tropengebieten der Alten Welt ausgebreitet, seit 1750 auch auf Mauritius, wo sie teils verwildert vorkommt, teils im Plantagenbetrieb kultiviert und als Faserpflanze ausgebeutet wird. Man unterscheidet dort von dieser Pflanze eine Hochlands- (»aloes malgache«) und eine Tieflandsform (»aloes creole«), welch letztere für die Fasergewinnung vorgezogen wird.

Die Pflanze bildet, wie viele Agave-Arten, am Blütenstande zahlreiche Bulbillen, die zu ihrer Vermehrung dienen. Die Blätter erreichen eine Länge von 1,5 bis 2,5 m; sie werden vom dritten Jahr an geerntet. Kultur der Pflanze und Fasergewinnung stimmen fast genau mit der Art und Weise überein, die wir beim Sisalhanf kennengelernt haben. Dreimal im Jahre werden die untersten Blätter abgeschnitten und zur Fasergewinnung, die auch hier entweder mit der Hand oder mittels Maschinen vollzogen wird, verwandt. Wie bei Sisal ist auch beim Mauritiushanf Waschen und späteres Trocknen erforderlich, wenn man ein gut aussehendes Produkt erzielen will. Nach Engler (212) liefert eine Pflanze jährlich im Maximum etwa 1 kg trockene Faser. Nach E. Petzke würde nach den Versuchen in Posadas (Misiones) die Fasermenge 3,5 % des Blattgewichts ausmachen, was nach Seckts Schätzungen (656 a) für 1 ha 1575 kg ausgearbeitete Faser ergeben würde.

Mauritiushanf (in Mittel- und Südamerika »Fiquefaser« genannt) wurde in neuerer Zeit noch in andern Ländern gewonnen, unter anderem auch im früheren Deutsch-Ostafrika (bei Dar-es-Salam) und in Westafrika, wo die Hamburger Pflanzungsgesellschaft »Bibundi« Mauritiushanf baute und gewann (Tropenpfl. XII, 1908, S. 532).

Die Faser weicht im Aussehen von Sisal nicht ab. Nach Gürcke (Zeitschr. f. g. Textilind. 1898/99, Nr. 29) ließ sich ein mikroskopischer Unterschied zwischen diesen beiden Fasern nicht finden. Nach Dewey (177) ist Mauritiushanf eine weiße Hartfaser, die feiner und biegsamer sein soll als Henequen- oder Abacáfaser und bei entsprechender Vorbehandlung die Fähigkeit haben soll, mehr Öl aufzusaugen, als das Eigengewicht beträgt.

Wie *Fourcroya gigantea* wird *F. cubensis* in Westindien — hier »Cajun« genannt — auf Faser für Seilerei ausgebeutet.

F. v. Höhnel (374) beschreibt als Mauritiushanf die Faser von *Aloe perfoliata* und bildet sie auch ab. Seine Beschreibung der Faser stimmt vollständig mit Wiesners Beschreibung der Aloefaser (Rohstoffe, 1. Aufl., 1873, S. 431) überein, so daß kein Zweifel besteht, daß das, was er als Mauritiushanf beschreibt, mit jener Faser identisch ist, die Wiesner als die Faser von *Aloe perfoliata* beschrieben hat. In den Handelsnamen der überseeischen Fasern herrscht vielfach eine starke Verwirrung, so daß es erklärlich wird, wenn v. Höhnel unter dem Namen »Mauritiushanf« eine Faser in die Hand bekam, die nicht von Fourcroya, sondern von Aloe abstammte. Die Ableitung des Mauritiushanfs von Aloe ist in andere neuere Schriften übergegangen. Über die Faser von *Aloe perfoliata* siehe S. 632.

Der Mauritiushanf ist geringerwertig als Sisalhanf und findet in der Seilerei und zur Säckeerzeugung Verwendung. Für »Selbstbinder« (binder twine) kann

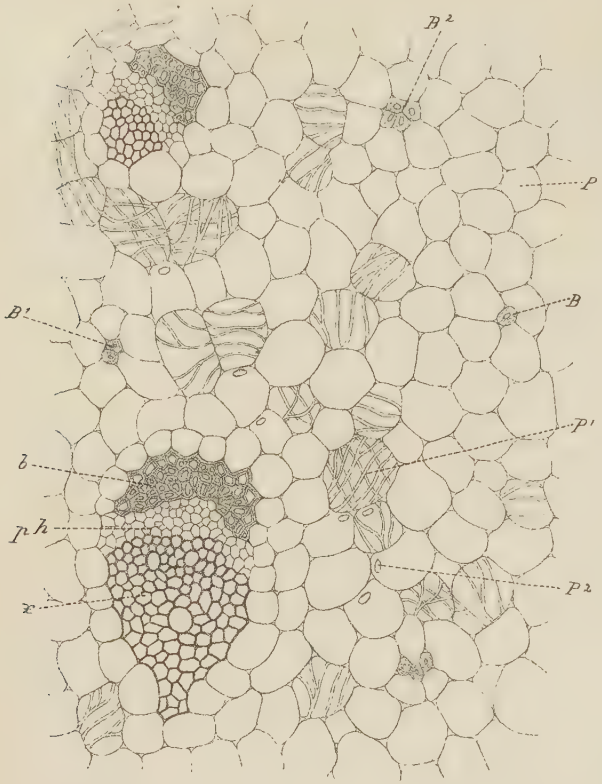


Abb. 91.
Zwei Gefäßbündel (*ph* Phloem, *x* Xylem), kleine isolierte Bastzellgruppen B^1, B^2 und isolierte Bastzellen (*B*) im Mesophyll (*P*) des Blattes von *Sansevieria ceylanica*. Einzelne Zellen des Mesophylls sind mit weiten Poren (P^2), andere (P^1) mit netz- und schraubenförmigen Verdickungen versehen. *b* Bastzellen des Phloems. Vergr. 100.

Abb. 92.
Einfaches Bastbündel aus der Sansevieriafaser. *b* Bastzellen. *P* Parenchymreste. Vergr. 200.

die Faser nur mit anderen vermischt verwertet werden.

Auf Costarica wird nach Dewey (177, S. 198) in beschränktem Maße aus den Blättern von *Fourcroya cabuya* eine Faser gewonnen die gelegentlich als »Central American sisal« auf den Markt kommt und für die »Selbstbinder«-Erzeugung verwandt werden kann. Bei ungenügender Reinigung mit der Hand ist diese Faser geringerwertig als die Henequenfaser, bei sorgfältiger Gewinnung und Reinigung wird aber eine Faser erhalten, die länger und fester ist als der Yukatan-Henequen. Das Zerreißgewicht der Cabuyafaser aus Costarica gaben Dewey und Goodloe (175) mit rund 32 g an.

31. Sansevieriafaser. An verschiedenen Punkten der Tropen wird seit alters her die Blattfaser mehrerer Arten der hauptsächlich in Afrika einheimischen Liliaceengattung *Sansevieria* wegen der großen Festigkeit und der ausreichenden Länge zur Herstellung von Fangstricken, Bogensehnen (deshalb Bowstring hemp) usw. verwandt. So in Indien [Ridley (583)] und auf Ceylon [Dodge (187)], im ehem. Deutsch-Südwestafrika [Warburg, Tropenfl. (15) III, **1899,** 21], im früheren Deutsch-Ostafrika (Braun im Pflanzer, I, **1905,** 264 ff.), am Pangani in Südostafrika, in der italienisch-afrikanischen Kolonie [Thovez (693)], in Java usw.

Die Kolonisten haben die guten Eigenschaften und die leichte Herstellbarkeit dieser Faser wohl erkannt und es wurden in den letzten Jahrzehnten viele Versuche unternommen, die Sansevieriafaser der Industrie dienstbar zu machen, teils durch Ausnutzung der in den Steppen in kleineren Beständen auftretenden wildwachsenden Pflanzen, bei denen man wie im Forstbetriebe auf Nachwuchs Bedacht nimmt, teils durch Kultur. Die Sansevieria-Arten sind sehr genügsam, sie gedeihen sogar auf fast sterilem Boden, wachsen sehr rasch und vermehren sich durch Wurzelschößlinge [Winkler (776, S. 231)].

Die Abscheidung der Faser gelingt leicht auf rein mechanische Weise durch Handarbeit, noch leichter allerdings durch Anwendung eines Röstverfahrens. Aber die rein mechanisch abgeschiedene Faser soll schöner und fester sein (Warburg). Es wird mehrfach angegeben, daß die maschinelle Entfaserung der Sansevieriafaser insofern Schwierigkeiten macht, als die Entfaserung ohne vorhergegangene Quetschung kaum durchzuführen ist.

Mehr oder weniger gut hergestellte Sansevieriafaser gelangt in kleinen Quantitäten auf den europäischen und amerikanischen Markt. So aus Guinea der Konje hemp oder African bowstring hemp, der von der in Afrika am meisten verbreiteten *Sansevieria guineensis* abstammt, der Pangani hemp von *S. Kirkii*, der Florida bowstring hemp von in Südkarolina kultivierter *S. longiflora*, deren Heimat in Südost- und Südafrika gelegen ist und der vielleicht die beste Faser liefert.

Von mehr lokal zur Fasergewinnung verwerteten Arten sind noch die bekannte, in den Tropen (Ceylon, Indien, Philippinen) vielfach kultivierte *Sansevieria ceylanica* Willd., die außer zur Seilerzeugung, auch in der Papierfabrikation verwertet wird, aber zur industriellen Langfasergewinnung nicht recht geeignet sein dürfte, weiter *S. cylindrica* Boj. (Sansibar, Angola), Ife hemp liefernd, und *S. Ehrenbergii* Schweinf. (Ostafrika) zu nennen.

Nach H. Greilach (257) ist der Querschnitt der Faser in Beziehung auf seine histologische Zusammensetzung sehr verschiedenartig, was im Bau der Stranggewebe des Sansevieriablattes seinen Grund hat (Abb. 91—94). Das Sansevieriablatt enthält kollaterale, mit mehr oder weniger mächtigen Bastbelägen versehene Gefäßbündel, die aber an einzelnen Stellen des Blattes zu einfachen Baststrängen reduziert sind. Wie die Abb. 91 lehrt, geht die Reduktion dieser einfachen Baststränge bis zur einzelnen Bastzelle. Alle Bastzellen sind mit einfachen, schraubig verlaufenden Tüpfeln versehen.

Nach Greilach besteht die technische Faser (Probe aus den ehemaligen deutsch-afrikanischen Kolonien) zum Teil aus reinen Baststrängen mit rundlichem oder elliptischem Querschnitt. Andere Stränge sind symmetrisch, indem sie dort, wo im Blatte der Mestomstrang ansetzt, eine Einbuchtung aufweisen. Wenn ganze Gefäßbündel in der Faser auftreten, so ist

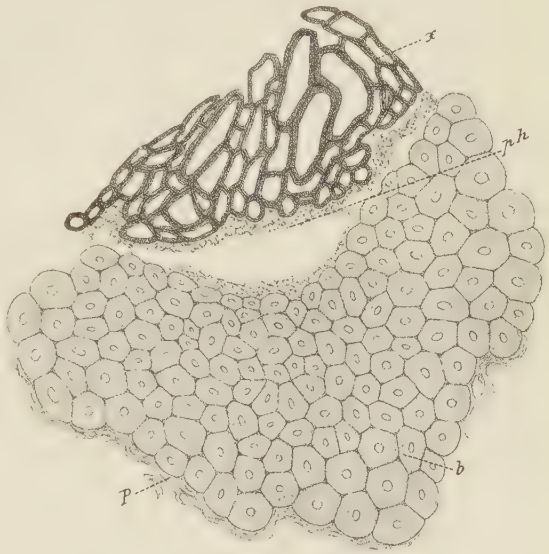


Abb. 93.
Querschnitt durch eine Sansevieriafaser, die aus einem ganzen Gefäßbündel besteht. *x* Xylem, *ph* Siebteil des Phloems zum größten Teil eingetrocknet, wodurch die Aushöhlung der Faser zustande kam, *b* Bastzelle des dem Phloem zugehörigen Bastbelags. *P* Reste von Parenchymzellen aus dem Mesophyll des Blattes. Vergr. 300.

das Phloem geschrumpft, und dadurch kommt die von Preyer (555) gesehene, aber nicht erklärte Aushöhlung der Faser zustande (Abb. 93).

Nach Greilach schwankt die Länge der Bastzellen von 2,8—6,2 mm, der maximale Durchmesser zwischen 18—36 μ. Stegmata fehlen. Die Faser nimmt im absolut feuchten Raum 23 % Wasser auf, wovon sie rasch bei 100° 12 % abgibt. Die Tragfähigkeit der Faser geht bis auf 24,29 kg/mm². Merkwürdig ist die netz- und schraubenförmige Verdickung eines Teils der parenchymatischen Grundgewebszellen (Abb. 91), die manchmal auch der technischen Faser anhaften.

Die bis jetzt erzielten praktischen Resultate sind noch gering, doch dürfte man durch rationelle Kultur der Pflanze und

billige maschinelle Gewinnung die Faser für die Industrie vielleicht dauernd nutzbar machen können.

Zu Gespinsten und Geweben ist die Sansevieriafaser nicht verwendbar, sondern nur in der Seilerei, wie etwa Sisalhanf, dem sie in Beziehung auf Tragfähigkeit und Hygroskopizität gleichkommt, sie ist aber kürzer, so daß sie also wie geringe Sorten von Sisalhanf zu verwenden ist (Warburg). Doch soll nach Versuchen, die im Department of Agriculture in Washington (1892) mit sorgfältig dargestelltem Florida bowstring hemp angestellt wurden, die Faser dem Sisalhanf in jeder Beziehung, auch in Beziehung auf Länge, überlegen sein.

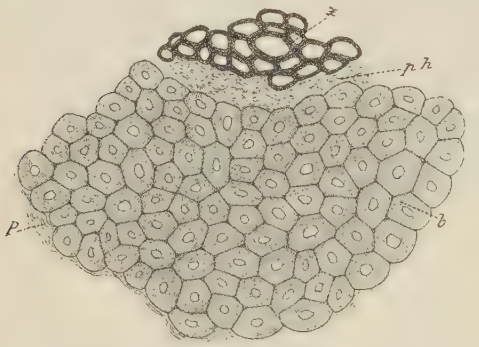


Abb. 94.
Querschnitt durch eine Sansevieriafaser, die aus einem ganzen Gefäßbündel besteht (wie Abb. 93), das aber den ganzen Siebteil noch erhalten hat.

Nach Preyer (555) hat die Faser eine Länge von 0,8 (*Sansevieria Ehrenbergii*) bis 1,4 m (*S. longiflora*). Die Faser von *S. ceylanica* erreicht nach Preyer Meterlänge. Die guten Sorten sind weiß bis bräunlichweiß, weniger gute hellbraun.

Im Querschnitt erscheint die Faser nicht selten ausgehöhlt (Abbildung bei Preyer). Die Faserzellen haben eine Länge von 2—5 mm, sind zylindrisch, verschmälern sich nach oben und unten, enden aber gewöhnlich stumpf. Die Wand der mit spaltenförmigen Poren besetzten Faserzellen zeigt Zellulosereaktion, aber die Bindesubstanz ist nach Ausweis der Phlorogluzinprobe verholzt.

Es sei noch bemerkt, daß die indische seit uralter Zeit im Gebrauch stehende Sansevieriafaser im Heimatland die Namen Murwa, Murga, Mazul führt und im Sanskrit Goni heißt. Diese Faser wird gewöhnlich von *S. ceylanica* abgeleitet. Diese Ableitung soll aber nicht richtig sein, die Faser »Goni« vielmehr von der nah verwandten *S. Roxburghiana* abstammen [Watt (748), Morris (511)], was aber praktisch nicht viel ausmacht, weil manche Forscher [wie z. B. Gürke (268)] die letztgenannte Art nur als eine kleinere Form der früher genannten auffassen.

Hier sei auch noch bemerkt, daß in der technischen Literatur die in diesem Punkt besprochenen Fasern auch als Sanseviera- [Preyer (555)] oder als Sansevieria-Faser [Semler (664)] bezeichnet werden. Der Bearbeiter vorliegenden Abschnitts nahm aber den nach den botanischen Nomenklaturregeln geltenden Namen *Sansevieria* Thunb. an.

32. **Phormiumfaser** (Neuseeländischer Flachs). Die neuseeländische Flachslilie, *Phormium tenax* L., wurde in Neuseeland entdeckt, ist aber später auch auf der Norfolkinsel und in verschiedenen Teilen Australiens aufgefunden worden. Als Topf- und Gartenzierpflanze ist sie heute allgemein bekannt. Die Bastfasern der Blätter werden in Neuseeland seit alter Zeit zur Verfertigung von Bekleidungsstoffen, Seilen usw. verwandt. Die ersten Nachrichten über diese durch große Festigkeit und Widerstandskraft ausgezeichnete Faser gab Cook (157, III, S. 39), der bekanntlich im Jahr 1769 Neuseeland im Namen Englands in Besitz nahm, und dessen Begleiter, der Naturforscher Banks, die Flachslilie entdeckt hatte. Bald darauf wurde neuseeländischer Flachs in England Handelsgegenstand. Seit dieser Zeit hat man vielfache, zum Teil von Erfolg gekrönte Versuche gemacht, die Stammpflanze in den verschiedensten Ländern zu kultivieren. Am besten gelang die Akklimatisierung von *Phormium tenax* in Neusüdwales, wo schon in den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts der Anbau der Pflanze in so großem Maßstabe betrieben wurde, daß die dort dargestellte Faser als Handelsartikel nach England gebracht werden konnte [Bennet (79, I, S. 72)]. In Neusüdwales gedeiht die neuseeländische Flachslilie ausgezeichnet. Die neueren Erfahrungen haben gelehrt, daß in diesem Lande der Bodenertrag an Fasern noch

größer ist als in Neuseeland. Ein Acre Landes gibt nach 18 Monaten schon drei Tonnen Rohfasern, in den darauffolgenden Jahren soll aber die gewonnene Fasermenge noch größer sein. Auch in Britisch-Ostindien, auf Mauritius und in Natal ist die Akklimatisation der Pflanze gelungen und die Fasergewinnung wird in diesen Ländern auch im großen betrieben [(535) Offiz. Ausstellungsber.]. Die sehr zahlreichen in neuerer Zeit mit der Flachslilie in den Vereinigten Staaten unternommenen Versuche scheinen aber keinen großen Erfolg erzielt zu haben. Auch die Vorschläge Cooks, *Phormium tenax* als Gespinstpflanze in England einzuführen, ergaben kein praktisches Resultat [Meyen (492, S. 474)]. Wenn auch die Anpflanzung in einigen anderen Ländern Europas gelingt, z. B. in Frankreich, Dalmatien, so ist damit nicht gesagt, daß man dort mit Vorteil neuseeländischen Flachs gewinnen kann.

Die Einfuhr guter und weitaus billigerer anderer Faserstoffe hat eine Zeit hindurch schädigend auf den Gebrauch der Faser gewirkt. So wurde in den Vereinigten Staaten der neuseeländische Flachs in neuerer Zeit durch Sisalhanf verdrängt (Semler). Auch die geringe Widerstandskraft der Phormiumfasern gegen langandauernde Wirkung des Wassers, die das Verbot der englischen Marine, aus neuseeländischem Flachs verfertigte Schiffstaue zu verwenden, zur Folge hatte, schränkte die Einfuhr beträchtlich ein. Die in mehrfacher Beziehung unübertroffenen Eigenschaften dieser Faser lassen aber doch hoffen, daß sich ihre Anwendung wieder steigern wird, falls durch zweckmäßigen maschinellen Betrieb ihre Herstellung sich verbilligen sollte. In neuerer Zeit ist tatsächlich wieder ein Aufschwung im Gebrauch und im Handel der Faser festgestellt worden, so daß der neuseeländische Flachs wieder in der Reihe der am stärksten verwendeten Hartfasern steht.

In Australien und Neuseeland, der Heimat und noch immer dem Hauptproduktionsgebiet des neuseeländischen Flachses, werden einerseits durch Verbilligung der Darstellung, andererseits durch neue Verwendungsarten der Faser neue Absatzquellen erschlossen. Es werden dort verschiedene Varietäten von *Phormium tenax* unterschieden. Die festeste Faser liefert die Form »Tihore«, die aber fruchtbaren Boden und gute Kultur erfordert. Die feinste Gespinstfaser liefert die Form »Rataroa«. Für Kultur im flachen Lande eignet sich die Form »Harake« oder »Harakake«, für das Gebirge die Form »Paritanewha« (Paretaniwa) [(535) Offiz. Ber.]. Auch wildwachsende Pflanzen werden ausgebeutet, die in den Heimatländern noch immer massenhaft, besonders an Flußufern, vorkommen.

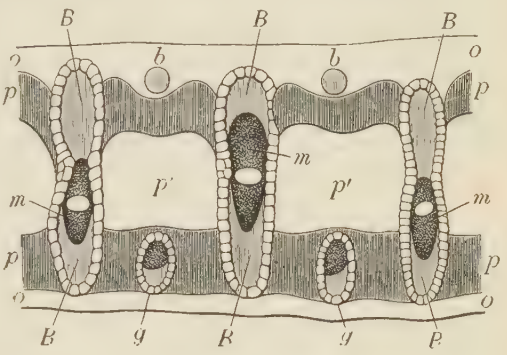


Abb. 95.
Schematischer Querschnitt durch die dünnere Partie des Blattes von *Phormium tenax*. *O O* Hautgewebe. *B m B* von Parenchymscheiden umgebene Gefäßbündel. *B B* Bastbeläge. *m* Mestom dieser Gefäßbündel. *g g* kleinere Gefäßbündel mit je einem Bastbelag, mit Mestom und Parenchymscheide. *b b* einfache Baststränge. *p p'* Grundgewebe des Blattes (Mesophyll). *p* grünes, *p'* farbloses Parenchym. Vergr. 35.
(Nach Schwendener.)

Die Blätter von *Phormium tenax* haben eine Länge von 1—2 m und eine Breite von mehreren Zentimetern. Das Gefäßbündelgewebe ist im Blatt der Pflanze so reich entwickelt, daß man aus 8 t grünen Blättern 1 t neuseeländischen Flachs und 2—3 dz Werg (tow und stripper slips) erhält, wobei allerdings noch zu bedenken ist, daß bei den üblichen Gewinnungsverfahren noch ein Teil der Abfallfaser verloren geht.

Der anatomische Bau des Blattes von *Phormium tenax* ist der Abb. 95 zu entnehmen. Innerhalb des Hautgewebes (*o*) liegt das ganz aus Parenchym zusammengesetzte Grundgewebe (Mesophyll) des Blattes (*pp'*). Dieses Grundgewebe ist zum Teil chlorophyllfrei (*p'*), zum Teil chlorophyllhaltig (*p*). In ihm hat man dreierlei Stranggewebe zu unter-

scheiden: erstens große Gefäßbündel mit je zwei Bastbelägen, zweitens kleine Gefäßbündel mit je einem Bastbelag und drittens einfache Baststränge (*b*). In den beiden ersteren, zwischen bzw. neben den Bastbelägen, liegt der der Ernährung dienende Gefäßbündelanteil (Mestom). Die Gefäßbündel sind von parenchymatischen Scheiden (Gefäßbündelscheiden) umgeben. Die Bastbündel und die Bastbeläge bilden das mechanische Gewebe der Blätter. Bei der Darstellung der technischen Faser handelt es sich nun darum, diese mechanischen Gewebe abzuscheiden und von den übrigen zu trennen. Beachtet man die anatomischen Verhältnisse des Blattes, so wird klar, daß es kaum möglich ist, die Bastgewebe von den benachbarten Geweben vollkommen zu reinigen. Am leichtesten wäre dies rücksichtlich der einfachen Baststränge (*b*) zu erreichen, denn diese hat man nur von dem Parenchym zu befreien. Aber diese Stränge bilden nur einen kleinen Bruchteil der Fasergewebe des Phormiumblattes. Gerade die Bastbeläge der großen Gefäßbündel werden nur schwer zu reinigen sein. In der Tat hängen ihnen stets Teile des Xylems, besonders Gefäße, auch Spuren von Phloem und von den Gefäßbündelscheiden an.

Die Gewinnung der Faser bestand früher in einer primitiven Kaltwasserröste. Doch hat man in Australien auch mit einigem Vorteil eine Art Warmwasserröste in Anwendung gebracht, indem man die Faserbündel während beiläufig fünf Stunden in kochendes Seifenwasser gibt. Es scheint, als wären die bisherigen Erzeugungsmethoden doch sehr unvollkommen. Allerdings soll gerade dieser Faser das Röstverfahren leicht Schaden bringen, da sie eine langdauernde Einwirkung des Wassers nicht gut verträgt. Von den Eingeborenen in Neuseeland wird die Fasergewinnung ohne Röstung nach Abhebung der Epidermis durch einen einfachen Schabeprozeß, darauffolgendes Abspülen der Fasern in Wasser, Trocknen an der Sonne und Kämmen sehr rasch durchgeführt. Die Kolonisten führen die Entfaserung mit Hilfe von Maschinen durch, die allerdings noch nicht allen Wünschen vollkommen entsprechen sollen und im wesentlichen aus einem mit Schlagtrommel versehenen Quetschwerk für die frischen Blätter und aus einem mit einer sich rasch bewegenden Schlagtrommel ausgestatteten Klopfwerk bestehen, das die Befreiung der bereits getrockneten Fasern von den noch anhaftenden Blattgeweberesten zur Aufgabe hat. Bei besonders sorgfältiger Gewinnung und gründlicher Reinigung kann man eine Faser erhalten, die an Feinheit und Weiche mit besseren Flachssorten übereinstimmt.

Der Ertrag der grünen Blätter an Rohfaser dürfte durch Dodge (187), der 15 % angibt, richtig bezeichnet sein.

Der neuseeländische Hanf wird, nachdem er sortiert wurde, in Ballen von ungefähr 200 kg in den Handel gebracht. Der Marktpreis ist stark von dem Preis des Manila- (Abacá) und des Sisalhanfs abhängig. Als Qualitätsbezeichnung gelten: superior, fine, good, fair und common. Die letztgenannte Sorte wird nicht zur Ausfuhr zugelassen. Seit Einführung der Graduierung und Überprüfung der Faser vor der Ausfuhr im Jahre 1901, hat sich der jährliche Export und allerdings auch der Preis gehoben.

Mikroskopische Charakteristik. Der neuseeländische Flachs besteht der Hauptmasse nach aus Bastbündeln, denen aber noch Gefäßbündelbestandteile (am auffälligsten sind Schraubengefäße mit einem Durchmesser von 15—30 μ) und Parenchymzellen (besonders der Gefäßbündelscheide) anhaften. An der Rohfaser sollen nach v. Höhnel sogar häufig Epidermisfragmente haften, was auf eine sehr unvollkommene Darstellung hinweisen würde. Die Bastzellen erscheinen, im Querschnitt gesehen, polygonal im Umriß, mit einem rundlichen oder ovalen, oft großen Lumen versehen. Wenn die Faserquerschnitte mehr getrennt voneinander auftreten, dann sind sie fast rund. — Die Dimensionen der in der Rohfaser vorkommenden Bastzellen stimmen mit denen der natürlichen, unveränderten überein. Der Prozeß der Fasergewinnung hat mithin an den morphologischen Verhältnissen dieser Zellen nichts geändert. Die maximale Breite der Bastzellen beträgt 8—18,9 μ, meist nahezu 13 μ. Die Breite der Faser nimmt sehr regelmäßig von den Enden nach der Mitte

hin zu. Das Lumen der unveränderten Bastzelle mißt meist $^1/_4$—$^1/_2$ der Zellbreite; nur selten erscheint es auf eine einfache Linie reduziert. Die Bastzellen sind scharf zugespitzt und lassen keinerlei Strukturverhältnisse erkennen. Es fehlt jede Streifung, auch fehlen stets die Verschiebungen (v. Höhnel). Sowohl durch Chromsäure als durch Alkalien kann man jede Rohfaser in ihre Elementarorgane zerlegen. Da aber Chromsäure die Faser stärker mechanisch angreift, so ist es für die Längenbestimmung der Bastzellen zweckmäßiger, Alkalien in Anwendung zu bringen. Die Länge dieser Zellen beträgt gewöhnlich 2,7—5,65, nach Vétillard's Messungen bis 15 mm.

Die Bastfaser des neuseeländischen Flachses ist verholzt (v. Höhnel) und wird im rohen Zustand durch rauchende Salpetersäure rot gefärbt (Barresville). Diese Reaktion tritt aber manchmal selbst an der rohen Faser nicht ein. Mit Chlorwasser und hierauf mit Ammoniak behandelt, nimmt die Faser eine rotviolette Farbe an (Vincent), aber auch diese Reaktion bleibt häufig aus.

Nach Dewey (177) ist die Asche der Faser von *Phormium tenax* und *Musa textilis* von der der Sisal- und Henequenfaser verschieden. Bei Abacá ist sie beinahe immer schwarz, bei der Phormiumfaser dunkelbraungrau gefärbt, während Henequen und Sisal lichtgraue oder fast weiße Asche aufweisen.

Die Rohfaser ist oft meterlang und auch etwas darüber, rötlichgelb oder, wenigstens stellenweise, weißlich. Die Faser der Pflanzen, die auf sumpfigem Boden gewachsen sind, soll weiß und besonders fein und fest sein. Pflanzen von trockenem, steinigem Boden sollen mehr kurze und spröde Fasern ergeben.

Nach Dewey und Goodley (175) beträgt das Zerreißgewicht des neuseeländischen Flachses 27,2 g. Nach Labillardière verhalten sich die absoluten Festigkeiten von neuseeländischem Flachs, Hanf und Flachs zueinander wie 60 : 48 : 34,4 (siehe E. Meyer in Schrift. d. phys.-ök. Ges. Königsberg, 18. Februar 1892), nach Royle wie 23,7 : 16,75 : 11,75. Es ist eben die absolute Festigkeit verschiedener Sorten des neuseeländischen Flachses verschieden. Bei Dodge (187) findet sich die Angabe, daß nach Hutton die Festigkeiten von den Sorten Tihore, Harakeka, Paritanewha und Whahariki sich zueinander verhalten wie 48 : 42 : 42 : 34.

Der neuseeländische Flachs findet Anwendung zur Herstellung von Tauen, Seilen und anderen Seilerwaren. Im gereinigten Zustand wird er auch zur Herstellung von Gespinsten und Geweben benutzt, die sich rein weiß bleichen lassen. Der neuseeländische Flachs kann auch mit Abacáfaser gemischt, der er übrigens sehr ähnelt, versponnen werden. Für »Selbstbinder« ist der neuseeländische Flachs allein, d. h. ohne Beimischung einer stärkeren Faser, nicht zu verwenden.

Die Abfälle bei der Fasergewinnung sollen zur Papierfabrikation verwertet werden können (Bull. Imp. XVI, 1918, S. 134).

Nach Beauverie (69, S. 507) soll auch *Phormium Cookianum* Lejolis, die zweite auf Neuseeland heimische Art, in ähnlicher Weise für die Fasergewinnung verwertet werden wie *Phormium tenax*.

33. Aloefaser. Sehr oft wird die Faser verschiedener Agaven mit diesem Namen belegt, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß die kultivierten Agaven (z. B. die *Agave americana*) häufig den populären Namen Aloe führen. (So wird z. B. die in Indien aus *Agave cantala* erhaltene Faser als Bombay aloe fibre bezeichnet.) Hier soll jedoch die Faser aus den Blättern der echten, dem botanischen Genus Aloe angehörigen Pflanzen besprochen werden.

Die echten Aloe, deren Heimat die afrikanischen Küstenländer sind — die Mehrzahl der Arten gehört dem Kapland an —, die aber durch Kultur nach den meisten übrigen tropischen Ländern, namentlich Indien und Westindien verpflanzt wurden, werden manchmal auch zur Fasergewinnung benutzt. Wenn auch in einzelnen Gegenden Ostindiens größere Quantitäten der Faser gewonnen werden, so hat sie für den Handel doch keine große Bedeutung und steht namentlich der Agavefaser an Wichtigkeit weit nach [Cat. (147), 1867, S. 79].

Von den zur Fasergewinnung dienenden Aloe-Arten, die in der systematischen Übersicht der Faserpflanzen (S. 449) ge-

nannt wurden, soll nach Wiesner angeblich *Aloe perfoliata* noch am häufigsten benutzt werden, obwohl Watt (749, 1908, S. 59), Semler (664) und Berger (81) diese Pflanze als Faserpflanze gar nicht nennen.

Nach Wiesner ist die genannte Faser weiß, etwas glänzend, von spinnbarer Feinheit, lang, weich und geschmeidig. Die Länge der rohen Faser steigt bis 50 cm, die der fein ausgehechelten ist 20—38 cm. Die Fasern sind im Verlauf äußerst gleichartig; es gehen von ihnen entweder keine oder nur kaum sichtbare kurze Fäserchen ab. Die Dicke der Fasern ist sehr gleichmäßig; selbst nahe den Enden sind die Fasern kaum schmäler als in der Mitte. Die maximale Dicke beträgt 75—105 μ.

Lufttrocken führt die Faser 6,95, in mit Wasserdampf gesättigter Luft 18,03 % Wasser und gibt im völlig getrockneten Zustande 1,28 % kristallfreie Asche. Nach O. Richter (580) ist die Asche von Aloefasern rein weiß und geht bei Zusatz von 10%iger Salzsäure größtenteils sofort in Lösung.

Jodlösung färbt die Faser goldgelb. Auf Zusatz von Schwefelsäure nimmt sie eine rotbraune Farbe an. Kupferoxydammoniak färbt sie intensiv blau und bringt sie zu schwacher Quellung. Die Faser ist verholzt.

Die Fasern der *Aloe perfoliata* bestehen nach Wiesners Beobachtungen nur aus Bastzellen; sie liegen bündelweise beisammen und erscheinen im Querschnitt polygonal. Durch Chromsäure oder Kalilauge lassen sie sich leicht aus dem Zusammenhang bringen. Aber Chromsäure greift die Substanz der Faser sehr stark an, so daß sie sich mit Nadeln nur unter Zerreißung trennen lassen; Kalilauge bringt die Zellwände zu starker Aufquellung. Will man die Querschnittsdimensionen dieser Zellen an isolierten Zellen auffinden, so muß man Chromsäure, will man die Länge der Bastzellen bestimmen, so muß man eine alkalische Flüssigkeit anwenden. Die Länge der Bastzellen beträgt 1,3—3,72 mm, ihre maximale Breite 15—24 μ. Die Verdickung der Wand ist immerhin so mächtig, daß das Lumen der Zelle meist nur den dritten Teil des Querschnittsdurchmessers der Zelle ausmacht. Von Strukturverhältnissen ist direkt nur das Auftreten von schief verlaufenden, spaltenförmigen Poren, die indes nur spärlich vorkommen, zu bemerken [Höhnel (374)]. — Die mit Kalilauge vorbehandelte Faser nimmt, wenn sie gequetscht wird, eine schraubenförmige Streifung an. — Die Zelle nimmt von dem konischen Ende nach der Mitte hin regelmäßig an Dicke zu. Nur sehr selten findet man einzelne Zellen mit gabelförmigen Enden.

Die Faser wird im fein zubereiteten Zustande zu Geweben (Aloetüchern) verarbeitet.

34. Ananasfaser (Pina) und Bromeliafasern. Aus den Blättern der in der ganzen Tropenwelt hauptsächlich wegen ihrer Fruchtstände kultivierten *Ananas sativus* Schult. (= *Ananassa sativa* Lindl. = *A. ananas* Cook et Coll. = *Bromelia ananas* L.) wird eine Faser gewonnen, die als Ananasfaser, Pinafaser, Pine apple fibre oder zum Teil als Silkgrass bezeichnet wird. In der europäischen Textilindustrie ist diese Faser noch ziemlich unbekannt, wenn auch die Faser zeitweilig nach Europa kommt und seinerzeit als Rohmaterial in die Schweiz exportiert, dort raffiniert, versponnen und verwoben worden sein soll (Daily Consular Tr. Rep. Washington, Okt. 1911 über den Faserkongreß zu Soerabaja, 1911). In Südamerika, China und auf den Philippinen soll sie seit langer Zeit, je nach Feinheit, zur Erzeugung von Seilen, Schnüren, Fäden und zur Herstellung eines feinen, seidenartigen, eigenartig durchsichtigen, gewebeartigen Flechtwerkes, dem Ananasbatist, verwertet werden.

Über die Beschaffenheit und Verwertbarkeit der Faser werden in der Literatur die widersprechendsten Angaben gemacht, die darin ihre Erklärung finden, daß die Ananasfaser je nach der Art der Kultur von sehr verschiedener Güte sein kann. Kultiviert man nämlich die Pflanze in der Weise, daß man sowohl aus der Frucht als auch aus den Blättern Nutzen zu ziehen beabsichtigt, so fallen die Blätter klein aus und die Faser ist nicht nur kurz, sondern auch steif und hart. Zieht man dagegen die Pflanze bloß der Faser wegen, so muß sie der direkten Wirkung der Sonne durch Beschattung entzogen und sehr feucht gehalten werden. Auch muß

die Fruchtbildung durch Wegschneiden der Fruchtanlagen unterdrückt werden. Die Blätter werden dann lang und breit und die Faser ist fein und weich und zu Gespinsten geeignet.

Die Gewinnung der Faser erfolgt nach Bruck (102) durch Handarbeit. Die Blätter der verschiedenen Ananas-Varietäten werden abgerissen und mit einem Stück scharfen Glases oder einem scharfen Gegenstand geschabt und die dabei erhaltenen Fasern sodann gewaschen, an der Sonne getrocknet und gebleicht und dann ausgekämmt. 1000 Blätter sollen etwa 20 Pfund brauchbare Faser geben. Die Hauptmenge der Ananasfaser wird auf Luzon gewonnen.

Nach v. Höhnel (374) ist die Faser von *Bromelia ananas* folgendermaßen beschaffen: Von anderen Monokotylenfasern unterscheidet sie sich durch die besondere Feinheit der Sklerenchymelemente (Bastfasern). Diese haben eine Länge von 3—9, meist 5 mm (nach Iterson 7 mm) und einen Durchmesser von 4—8, meist 6 μ. Ihr Lumen ist sehr schmal bis linienförmig. Die inneren Schichten der Zellhaut sind ganz unverholzt, aber die äußeren Partien, besonders die dicken Mittellamellen (gemeinsame Außenhäute), sind stark verholzt. Jod und Schwefelsäure färben die Querschnitte nie blau, sondern grünlich, selbst gelb. Neben diesen sehr spitz endenden Fasern treten kurze, dicke, steife, ganz verholzte Fasern auf. —

Bezüglich dieser letztgenannten Fasern sagt 1899 Sadebeck (606, S. 312): »Leider enthalten die Leitbündel aber auch dicke, stark verholzte Fasern, welche sich bei der technischen Verarbeitung oft nur sehr schwer von den feinen Fasern trennen lassen. Man hat daher in der letzten Zeit von der technischen Verwertung dieser Faser mehr oder weniger Abstand genommen.«

Von den Fasern anhaftendem Gewebe sind schmale Gefäße zu erwähnen. In Kupferoxydammoniak zeigt die Ananasfaser nach Halama (272) regelmäßige Wellung, aber keine Streifung.

Der Ananasbatist ist nach A. Herzog (342) ein Flechtwerk, weil er aus ursprünglichen, nicht versponnenen, durch Kleister verklebten feinen Fasersträngen besteht. Die Ananasfaser tritt aber auch in gröberem Gewebe auf, und zwar oft dem Manilahanf beigemengt. Sinamay ist ein Mischgewebe aus Baumwollfäden, Ananasfasern und Manilahanf. Die aus den ungefärbten Pinafasern und gefärbter Seide hergestellten Gewebe werden auf den Philippinen Jusi genannt.

Außer der erwähnten Faser von *Ananas sativus* werden auch die Fasern von *Ananas bracteatus* Schult. in Brasilien und die von den Engländern vor einigen Jahren in den Handel gebrachte »Arghanfaser« von *Ananas macrodontes* Morr. für Schnüre und Stricke verwertet. G. Kränzlin (Faserforschung 5. Bd. **1926,** 259) führt für *Ananas macrodontes* den Namen „Pita von Oaxaca“ an. Weitere Literatur siehe S. 447.

Außerdem werden noch eine Anzahl Bromelia-Arten auf Faser genutzt, beziehungsweise der Fasern wegen kultiviert. Diese Bromelia-Fasern haben aber je nach der Art, nach den Kulturbedingungen und nach dem Entwicklungszustand, in dem die Blätter der Fasergewinnung zugeführt werden, sehr verschiedene Eigenschaften.

Als Faserpflanzen scheinen folgende Bromelia-Arten am wichtigsten zu sein: *B. karatas* L., *B. silvestris* Willd., *B. pigna* Perotte, *B. pinguin* L. Nach Seckt (656a) sollen in Argentinien *Bromelia Hieronymi* Mez., *B. laciniosa* und *B. serra* feine, biegsame, widerstandsfähige Fasern liefern, die als vorzügliches Spinnmaterial benutzt werden können. Die Pflanzen sollen bei den Einheimischen den Namen „Caraguata“ führen, der in Paraguay und Argentinien auch für Agave-Arten angewandt wird.

Nach Semler bringen die auf felsigem und sonnigem Standort gewachsenen Pflanzen eine grobe, steife und harte Faser hervor, während aus den auf schattigem, humusreichem Boden entwickelten Pflanzen eine feine, elastische und glänzende Faser abgeschieden werden kann.

In der Benennung der Bromeliafasern herrscht eine große Verwirrung, indem man sie auch mit Namen belegt, die auf andern Ursprung hindeuten, z. B. mit dem Namen Pite, Ixtle oder Silkgrass, welch letzterer Name ein Sammelname ist, der auch für zahlreiche andere Monokotylen-

fasern verwendet wird. Auch als pine apple fibre, Pinnilla, Penguin werden die Bromeliafasern bezeichnet.

Bromelia karatas L. = *Karatas Plumieri* E. Morren = *Nidularium karatas* Lem. = *Bromelia acanga* L. p. p. ist eine in vielen Gegenden Südamerikas sehr häufig vorkommende Pflanze. Ihre Blätter werden in Guayana, aber auch in anderen Ländern Südamerikas, ferner in Zentralamerika auf Faser ausgewertet. Im Handel findet man die Faser unter dem vieldeutigen Namen Silkgrass (Seidengras) oder Mexican fiber.

Die Faser soll nach Wiesner weißlich, ziemlich glänzend sein; sie kommt

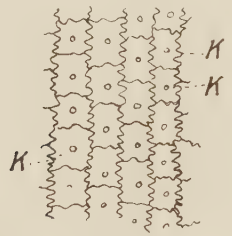


Abb. 96.
Epidermiszellen der Blätter von *Ananas sativus* mit Kieselkörpern. Vergr. 250.

der des Manilahanfes im Aussehen sehr nahe, ist aber etwas gröber und steifer, auch nicht so fest. Die Fasern sind rund und ziemlich glatt und fast ohne Nebenfasern. Ihre Länge steigt bis auf 1,2 m. Die Dicke variiert im ganzen Verlauf der einzelnen Faser nur wenig; aber auch untereinander zeigen die Fasern in dieser Beziehung nur wenig Unterschiede. Die Dicke schwankt zwischen 0,15—1,2 mm.

Über die mikroskopischen Eigenschaften dieser Faser siehe Wiesner, III. Aufl., S. 323. Doch bezweifelt Iterson, daß Wiesner eine richtig bestimmte Faser vor sich hatte.

Diese Faser wird lokal vielfach zur Herstellung von Seilerwaren, Netzen, Matten, groben Geweben und zur Bürstenfabrikation verwandt. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß bei besserer Aufbereitung eine Faser erhalten werden kann, die industriell verwertet werden könnte. Für die Papiererzeugung soll die Faser sehr geeignet sein.

G. v. Iterson jr. (393, 392) hat in neuerer Zeit unsere Kenntnisse bezüglich der Mikroskopie der Bromeliafasern wertvoll erweitert. Nach diesem Forscher sind die Faserbündel der Bromelia-Arten ziemlich ähnlich, zeigen nur auffallendere Unterschiede in der Dicke, die allerdings aber auch von dem Alter der zur Fasergewinnung geernteten Blätter etwas abhängen dürften. Auch weisen die gröberen Sorten eine stärkere Verholzung auf als die feineren und feinsten, zu welch letzteren die Arghanfaser gehört, bei der die Holzstoffreaktion fast ausbleibt.

Wenn man Bromeliafasern aneinanderreibt und die dabei oder durch Abklopfen frei werdenden Zellgewebeteile, die bisher den Faserbündeln angehaftet haben,

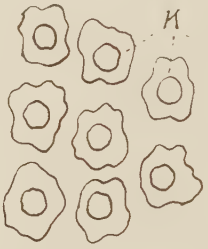


Abb. 97.
Epidermis, abgerieben von einer *Bromelia*-Faser (Arghan). Aufgehelltes Präparat, das nur die Begrenzungslinien der Lumina und in diesen die Kieselkörper *K* zeigt. (Nach v. Iterson.)

mikroskopisch betrachtet, so können nach Aufhellung des Präparates Epidermiszellen der Faser erhalten werden, die [nach den Vermutungen Itersons (392) bei allen zur Bromeliafasergewinnung verwendeten Bromeliaceen] sich durch charakteristische Kieseleinlagerungen auszeichnen. Iterson glaubt auch, daß auf Grund der Größenunterschiede dieser Kieseleinlagerungen in der Epidermis eine nähere Bestimmung der verschiedenen Bromeliafasern möglich sein wird.

Jedenfalls stellen, wenn die runden oder halbförmigen Querschnitte der Bromeliafaserbündel mit ihren dünnen, kleinlumigen Elementarfasern nicht allein zur Bestimmung oder zur Unterscheidung von anderen Fasern genügen, die Epidermiszellen mit den Kieselsäureablagerungen wichtige Leitelemente dar (Abb. 96, 97).

Von einer nicht näher bestimmten wilden Bromelia(Ananas)-Art auf Formosa sollen die in Streifen zerlegten Blätter (sogenannte »Schnüre«) zur Erzeugung

eines Teiles der sogenannten »Formosahüte« verwendet werden. (Handb. d. Hutfabrik. I, 1916, S. 62.)

35. Pandanusfaser. Die Blätter der in vielen Tropengegenden kultivierten Pandanus-Arten enthalten Gefäßbündel, die sich leicht abscheiden lassen und fest genug sind, um zu Flechtarbeiten verwendet oder versponnen und zu grobem Sacktuch verwebt zu werden. Am häufigsten scheinen die Blätter von *Pandanus tectorius* Soland. (= *P. odoratissimus*) und *utilis* zur Fasergewinnung benutzt zu werden. Beide Arten sind zur Variation geneigt und namentlich die erstere bildet in der Kultur zahlreiche Spielarten. In den französischen Kolonien bezeichnet man die Pandanusfaser mit dem Namen Vacoa (Vacona), in Brasilien als Carapichofaser. Doch scheinen in Brasilien noch die Fasern anderer Pflanzen, selbst die Bastfasern einiger dikotyler Gewächse mit demselben Namen bezeichnet zu werden.

Von den beiden Arten liefert *Pandanus utilis* die festeren Fasern. Auf Mauritius, wo die Pflanze in großem Maßstab kultiviert wird, erntet man die Blätter drei Jahre nach der Anpflanzung zum erstenmal und schneidet die reifen Blätter zur Fasergewinnung dann jedes zweite Jahr. Nach Semler wird auf Mauritius das geerntete Blatt in 3 cm breite Streifen geschnitten. Aus diesen Streifen wird ohne vorhergehende Mazeration, durch bloße mechanische Bearbeitung, die Faser gewonnen.

Die Pandanusfaser von *Pandanus tectorius* ist nach Wiesner graugelblich gefärbt, glanzlos, 40—70 cm lang, höchst ungleich in der Dicke. Die feinsten Fasern sind haarförmig, die gröbsten sind bis zu 1 mm dick. Die Festigkeit ist gegenüber Manilahanf, Pite und neuseeländischem Flachs nur gering.

Durch Jod und Schwefelsäure wird die Faser lichtbräunlich, durch Anilinsulfat eigelb, durch Kupferoxydammoniak, ohne aufzuquellen, blau gefärbt. Unvollkommen gereinigte, reichlich mit Parenchymgewebe versehene Pandanusfasern werden durch Kalilauge gelblich, durch Kupferoxydammoniak grünlich blau gefärbt.

Kalilauge oder Chromsäure isolieren die Zellen der Fasern sehr gut und rasch. Die Faser besteht vorwiegend aus Bastzellen; außerdem enthält sie Netzgefäße und ein kleinzelliges mit schief-prismatischen Kristallen von Kalziumoxalat erfülltes Parenchym. In der Peripherie der Bündel treten mit Kalziumoxalat gefüllte Stegmata auf, die zuerst von Kohl (419) beobachtet wurden.

Die Bastzellen sind 1—4,2 mm lang und außerordentlich verschieden gestaltet. Die maximale Breite beträgt etwa 20 μ. Die Wände der Bastzellen sind höchst ungleichförmig verdickt, so daß sie stellenweise dünn-, stellenweise dickwandig erscheinen, in der Form an die Bastzellen von *Gnidia eriocephala* (= *Lasiosiphon speciosus*) erinnernd (siehe oben Nr. 26).

Lufttrocken führt die Faser 7,02, mit Wasserdampf gesättigt 18,35 % Wasser und liefert 1,95 % kristallreiche Asche.

Die Fasern von *Pandanus tectorius* werden zur Herstellung von Matten und Seilen verwandt, sollen aber nach Watt (749, S. 188) auch versponnen werden. Die Fasern von *P. utilis* (vornehmlich auf Mauritius und in Westindien) sollen hauptsächlich zur Erzeugung von Säcken für Kaffee, Tee und Getreide benutzt werden.

Bei einzelnen Pandanus-Arten können auch die Fasern der Luftwurzeln verwertet werden. So verstehen es die Eingeborenen, aus den Luftwurzeln von dem in Papuasien heimischen *Pandanus papuanus* Solms-Laubach eine starke, 7—8 m lange, weiße, glänzende Faser zu gewinnen, die vielleicht industriell verwertet werden könnte, da der Baum in genügender Menge auftritt [Heyne (364)]. Auch die Wurzelfasern von *P. tectorius, P. utilis, P. bidus* Jungh. und *P. dubius* (Kurz) Spreng. werden praktisch verwandt.

Die Blätter und die Blattstreifen der Pandanus-Arten (Schraubenpalmen) bilden eins der wichtigsten Flechtmaterialien des Malaiischen Archipels, von Polynesien, den Maskarenen und von Madagaskar. Pandanusmatten sind in den genannten Gebieten sehr verbreitet; auf der Insel Bawean sollen besonders schöne Pandanusmatten erzeugt werden. Seit 1906 stellen die Pandanushüte einen wichtigen Ausfuhrartikel von Java dar. 1910 wurden bereits aus Java 3,3 Millionen,

1920 beinahe 8 Millionen Hüte exportiert [Iterson (391)].

Für die Erzeugung von Flechtwaren werden auch die Blätter von *P. atrocarpus* Griff. (Malaiischer Archipel), *P. thomensis* Henriques (St. Thomé), *P. repens* Miq. (Molukken), und zahlreiche andere Arten verwandt. Siehe Heyne (364) und Schilling (629).

36. Raphiafaser (Raphiabast). Hierunter ist die leicht abziehbare Haut der Blätter bestimmter, der Gattung Raphia angehöriger Palmen zu verstehen. Diese Faser hat äußerlich die größte Ähnlichkeit mit dem Bast der Bäume, z. B. mit Lindenbast, weshalb sie im Handel den Namen Raphiabast — die deutsche Handelsbezeichnung ist gewöhnlich Raffiabast — führt.

Was im Handel unter dem Namen Raffiabast vorkommt und einen nicht unbeträchtlichen Handelsartikel bildet, kommt hauptsächlich aus Madagaskar und tritt in zwei sehr verschiedenen Handelssorten auf. Die erste Sorte von der Westküste Madagaskars ist die bessere und stammt sicher von den Blättern der *Raphia ruffia* Mart. = (*R. pedunculata* P. de B.). Die zweite Sorte von der Ostküste Madagaskars stammt von einer andern noch nicht ermittelten Raphia-Art ab, der Sadebeck (607) den vorläufigen Namen *Raphia tamatavensis* Sadebeck gegeben hat. Die bessere madagassische Sorte, wird im Handel als heller Raphiabast bezeichnet und von den Häfen Majunga und Nosi-Bé ausgeführt, während die geringer bewertete Sorte als dunkler Raphiabast bekannt ist und von Tamatave aus in den Handel gebracht wird. Die von westafrikanischen Raphia-Arten (hauptsächlich von *Raphia vinifera*) erhaltene Faser stellt eine gröbere und geringerwertige Sorte dar und hat im Handel keine Bedeutung erlangen können.

Die beiden Sorten aus Madagaskar erscheinen im Handel in Form von mehrfach zusammengelegten, mit Fasern des gleichen Materials zusammengeschnürten Bündeln. Geradegestreckt haben die Bündel eine Länge von 1,7—1,85 m. Viele Fasern weisen die gleiche Länge auf, viele sind allerdings kürzer; aber da jedes Büschel an seinem unteren Ende abgeschnitten ist, so müssen viele Rohfasern die obengenannten Längen überschreiten.

Die Fasern der besseren Sorte (von der Westküste von Madagaskar) sind am oberen, schmäleren Ende zusammengerollt, am unteren Ende haben sie eine Breite bis zu 2,5 cm. An vielen Stellen sieht man die ganze Breite der Faser; sie ist flach ausgebreitet und mißt nicht selten etwa 2 cm. Die Farbe dieser Sorte ist beinahe weiß, mit einem Stich ins Gelbliche. Der Länge nach läßt sich die Faser leicht zerreißen. Bei aufmerksamer Beobachtung sieht man, daß beim Zerreißen des Bastes in der Längsrichtung feine Fäden zum Vorschein kommen, die man in einer Länge bis zu 25 cm aus dem Bast herausziehen kann. Dies sind die später zu betrachtenden Bastbündel des Raphiabastes. Dieses Hervortreten der freien Bastbündel beim vorsichtigen Zerreißen des Raphiabastes nach der Länge ist sehr charakteristisch und weist mit ziemlicher Sicherheit auf Raphiabast; jedenfalls kann man dadurch den Raphiabast von den anderen Bastarten des Handels leicht unterscheiden. Der Hauptsache nach ist der Raphiabast von der Westküste Madagaskars fast weiß; aber an der Basis ist die gut erhaltene Faser nicht selten grün, was mit der Erntebereitung zusammenhängt. Zur Gewinnung des Raphiabastes werden junge Blätter genommen und von der Basis der Fiederblätter gegen die Spitze zu wird die »Haut« abgezogen, nachdem man vorher einen oberflächlichen Querschnitt durch die Fiederblätter führte. Hierbei wird in der Nähe der Schnittfläche etwas grünes Gewebe (Mesophyll) mitgenommen, während die Hauptmasse der Haut frei davon ist. Unterm Mikroskop betrachtet, erscheinen an der querdurchschnittenen Faser einerseits die Oberhaut, anderseits dicht nebeneinanderliegende Bastbündel, die nur durch je eine, höchstens zwei Parenchymzellen voneinander getrennt sind (Abb. 98, 99). Die Bastzellen schließen unmittelbar an die Oberhaut an und sind sehr dickwandig. Läßt man die Rohfaser längere Zeit in Salzsäure liegen, so nimmt sie eine intensiv gelbe Farbe an; taucht man dann die Rohfaser in eine Lösung von Phlorogluzin, so wird sie nach einiger Zeit ganz schwach rotviolett gefärbt. Bei mikro-

skopischer Untersuchung erkennt man, daß diese Färbungen nur an den Bastzellen auftreten, diese sind daher schwach verholzt. Der Grad der Verholzung nach dem Grafeschen Verfahren wurde geprüft; dabei stellte sich heraus, daß, wenn man den Verholzungsgrad der Jute = 1 setzt, der des Raphiabastes (von der Westküste Madagaskars) = 0,125 ist. O. Richter (580) gelang es, bei diesem Bast nach der Berlinerblauprobe und längerem Liegenlassen in 10 %iger Salzsäure eiförmige Idioblasten des Grundgewebes festzustellen, die in diesem Falle intensiv blau bis blauschwarz gefärbt wurden und deutliche, blau ausgegossene Porenkanäle

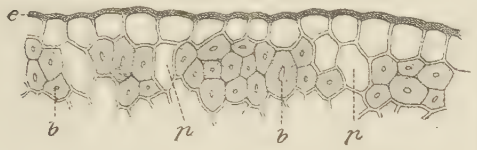


Abb. 98.
Raphiabast von *Raphia ruffia (R. pedunculata)*, von der Westküste von Madagaskar. *e* Epidermis. *b* Bastbündel, die der Epidermis unmittelbar anliegen. *pp* Parenchymgewebe, das zwischen den Bastbündeln auftritt. Vergr. 350.

zeigten. Richter vermutet, daß diese Idioblasten an den isolierten Bastfasersträngen bzw. der Epidermis hängen bleiben. — Der Raphiabast von der Ostküste Madagaskars hat wohl dieselben Längen- und Breitendimensionen wie der von der Westküste; er ist aber stets stark zusammengerollt, an keiner Stelle flach ausgebreitet. Er spaltet gleichfalls sehr leicht nach der Länge und läßt bei vorsichtiger Spaltung die Baststränge in Form von feinen Fäden erkennen. Diese Fäden lassen sich, wenn sie reine Bastbündel sind, gewöhnlich nicht wie bei der früher genannten Sorte in der Längsrichtung herausziehen. Haftet an diesen Fäden aber noch Oberhaut, so können Fasern von beträchtlicher Länge von solchem Bast abgezogen werden. Diese Sorte ist durchgängig leicht bräunlich gefärbt und zeigt dieselben Farbenänderungen, die Salzsäure + Phlorogluzin bei der besseren Sorte hervorbringt, nur treten begreiflicherweise die Farbtöne wegen der starken Eigenfärbung der Faser nicht mit solcher Deutlichkeit hervor. Wie die mikroskopische Untersuchung lehrt, ist die von der Ostküste Madagaskars kommende Sorte von jener verschieden, die von der Westküste kommt (Abb. 98, 99). Die Bastbündel der ersteren sind reicher an Bastzellen und differenzieren sich schärfer gegenüber den diese Bündel trennenden Grundgewebszellen. Der Raphiabast von Madagaskar wird im Gartenbau

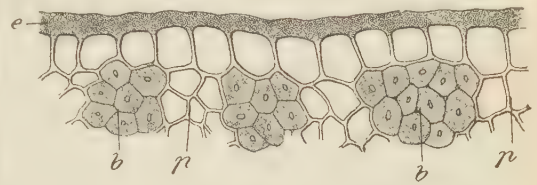


Abb. 99.
Raphiabast von *Raphia sp.*, von der Ostküste von Madagaskar. *e* Epidermis. *bb* Bastbündel, die der Epidermis unmittelbar anliegen. *pp* Parenchymgewebe, das zwischen den Bastbündeln auftritt. Vergr. 350.

verwendet, wo er sich wegen größerer Geschmeidigkeit besser als Lindenbast zum Binden bewährt. Zu diesem Zweck können beide Sorten von Raphiabast verwandt werden. Zu Flechtarbeit, leichten Hüten läßt sich nur die bessere, von der Westküste Madagaskars kommende Sorte verwenden. In den Heimatländern dient

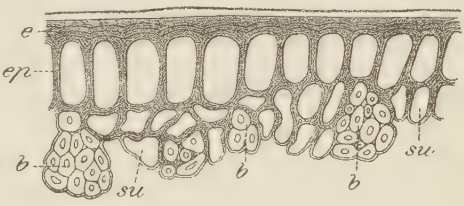


Abb. 100.
Querschnitt durch die Faser von *Raphia vinifera*. *ep* Epidermis. *bb* Bastbündel. *su* unterhalb der Oberhaut und zwischen den Bastbündeln gelegenes Parenchym. Vergr. 350. (N. T. F. Hanausek.)

der Raphiabast den Eingeborenen seit alter Zeit als Bekleidungsstoff.

Eine ausführliche Besprechung der Unterschiede in der Anatomie des hellen und des dunklen Raphiabastes gibt Sadebeck (609).

Eine mikroskopische Charakteristik des von *Raphia vinifera* (Westafrika: Kongo, Loango, Gabun) abstammenden Raphiabastes verdanken wir T. F. Hanausek (283). Im wesentlichen ist dieser »Bast« so wie der von *R. pedunculata* gebaut, doch ist das Mesophyll reicher entwickelt, was sich in den breiten, parenchyma-

tischen Zellmassen ausspricht, die sich zwischen den Bastbündeln ausbreiten (Abb. 100), und in dem parenchymatischen Gewebe, das zwischen der Epidermis und den Bastbündeln gelegen ist.

Im europäischen Handel scheint [in Übereinstimmung mit den Angaben A. Zimmermanns (789)] der westafrikanische Raphiabast nicht vorzukommen. In Form von ordinärem Gewebe, insbesondere als Packtuch, dürfte allerdings die Faser von *Raphia vinifera* auch nach Europa gebracht werden.

Die madagassischen Bastsorten zeichnen sich durch große Zugfestigkeit aus; westafrikanischer Raphiabast soll weniger fest sein.

Im ehemaligen Deutsch-Ostafrika hat man versucht, *Raphia monbuttorum* sowohl auf »Bast«. als auf Piassave auszubeuten; aber beide Produkte waren von zu geringer Qualität und haben daher im Handel keinen Eingang gefunden [Busse, Tropenpfl., Beihefte, 1902, S. 93; Sadebeck (609)].

37. Espartofaser. Das Espartogras, die Blätter der in Spanien und Nordafrika (Algier, Tunis, Tripolis; Marokko liefert wenig) in außerordentlich großen Mengen wildwachsenden *Stipa tenacissima* (= *Macrochloa tenacissima*), steht schon seit alter Zeit in Verwendung. Dieses Gras ist das Spartum der Römer (Plinius der Ältere, Hist. nat.). Schon seit Jahrhunderten werden in Spanien die zähen Blätter dieses Grases zerrissen und aus den festen Fäden Gebirgsschuhe (calcei spartei) verfertigt [Boehmer (94, I, S. 530)].

Der Name Esparto — im Spanischen so viel wie trockenes Gras oder getrocknetes Gras, Heu — hat allgemeinen Eingang gefunden; das spanische Wort für *Stipa tenacissima* ist atocha, wird aber für die Handelsware nicht benutzt. Häufiger hört man die Ausdrücke alfa oder halfa, womit in Algier dieses Gras bezeichnet wird. Auch das Wort sparto ist hin und wieder im Gebrauch.

Wie jetzt allgemein bekannt ist, wird das Espartogras seit längerer Zeit in der Korbflechterei (Spanien, Italien; seit 1870 auch in Österreich) und als Durchzugsstroh der Virginia-Zigarren (Italien, Österreich), die grobe Faser zu Seilerarbeiten (Spanien, England, Frankreich), die feine gebleichte Faser als wichtiger Rohstoff von steigender Bedeutung in der Papierfabrikation (England, Frankreich, Belgien, Spanien) usw. verwandt. Die Ware, die unter dem Namen Espartostroh in den Handel kommt, besteht aus ganzen Blättern.

Mit dem Namen Esparto, Sparto oder Alfa bezeichnet man aber nicht bloß *Stipa tenacissima* bzw. deren Blätter, sondern auch das Gras von *Lygeum spartum* (dies ist keine Stipacee, sondern eine Phalaridee), ein spanisches, namentlich in der weiten Umgebung von Barcelona massenhaft auftretendes, indes auch in Nordafrika verbreitetes Gras, das als »Albardine« [Mueller (521)] oder Esparto basto [Hanausek (285, S. 106)] exportiert wird, aber nur einen ungenügenden Ersatz für Esparto bildet. Auch *Ampelodesmos tenax* (siehe oben S. 437) soll als Esparto im Handel vorkommen.

Esparto hat seit etwa 60 Jahren große Bedeutung erlangt. Die Ausfuhr in Algier begann 1862 und betrug 30 Jahre später jährlich mehr als 60 000 t, 1910 bereits 91 300 t. Aus Tunis wurden 1910 34 285 t, aus Tripolis 24 385 t und aus Spanien 44 278 t ausgeführt (Ber. Deutsch. Konsulats in Tripolis).

Bis 1914 steigerte sich noch die Ausfuhr, erfuhr aber dann unter den Wirkungen des Weltkrieges eine wesentliche Verminderung. So war zum Beispiel in England die Einfuhr von Espartogras und ähnlichen Papierrohstoffen 1917 auf ein Achtel der Einfuhrmenge von 1913 gesunken (Tropenpfl. XXII, 1919, S. 165).

Die spanische Ware ist die beste, die tripolitanische (alfa noir) die geringste. Aus ersterer gewinnt man 55, aus letzterer nur 42—43 % Papierzellulose.

Alles im Handel erscheinende Espartogras ist Sammelprodukt wildwachsender Gräser. Doch trachtet man den Ertrag in neuerer Zeit durch Bewässerung zu steigern. Zur Abfuhr des in riesigen Massen gesammelten Produktes erfolgte in einzelnen Gebieten die Anlage eigener Eisenbahnen. Der steigende Bedarf an diesem Handelsartikel führte zu Versuchen, das Espartogras in Amerika einzubürgern; aber weder die von Hooker in Vorschlag gebrachte Vermehrung durch

Samen, noch die in Kalifornien in Angriff genommene Anpflanzung von »Wurzeln« (Rhizomen) hat bisher ein praktisches Ergebnis gehabt. »Dieser Fehlschlag«, sagt Semler (664, III, S. 719), »sollte nicht abschrecken, die Einführung in solchen Gegenden der halbtropischen Zone zu versuchen, wo Boden und Klima das Gelingen wahrscheinlich machen. Als unfruchtbar betrachtetes, trockenes oder steiles Gelände kann durch die Anpflanzung der Alfa mit geringen Kosten und Mühen ertragreich gemacht werden. An einem Markt für Esparto fehlt es nicht, denn dieser Artikel wird in Massen verbraucht und der Begehr ist steigend.« Es sei noch bemerkt, daß alle neueren Versuche, auf wüstem Boden warmer Erdgebiete das Espartogras anzupflanzen und so neue Bezugsquellen dieses Rohstoffes zu gewinnen, fehlschlugen, weil die Anpflanzung zu schwierig und kostspielig ist und die Konkurrenz mit dem algerischen Produkt aussichtslos erscheint [Stuhlmann (684a)].

Die Einerntung wird am rationellsten zu Beginn des Reifens der Früchte vorgenommen. Vor und nach diesem Zeitpunkt erhält man minderwertige Produkte. Die Blätter werden unter möglichster Schonung der »Wurzeln« abgepflückt. Die abgepflückten Blätter werden gebündelt und in Haufen zusammengeworfen zwei Tage sich selbst überlassen; hierauf öffnet man die Bündel und breitet die Blätter aus, um sie an der Sonne zu trocknen, worauf sie neuerdings gebündelt werden und in den Handel kommen. An den Küsten nimmt man auch eine schwache Röstung vor und klopft die Blätter, um die Faser geschmeidiger zu machen.

In diesem Abschnitt handelt es sich vor allem um die aus den Blättern von *Stipa tenacissima* dargestellten Fasern und es sei nur zum Verständnis der die Faser selbst betreffenden Auseinandersetzungen hier kurz erwähnt, daß die sog. Espartohalme (Blätter) eine grünliche, nach längerem Liegen gelbliche Farbe und eine Länge von etwa 0,3—0,5 m und eine mittlere Dicke von etwa 1,5 mm haben. Obgleich diese sog. Halme Blätter sind, sind sie doch nicht flächenförmig, sondern zylindrisch gestaltet, welche merkwürdige Form dadurch zustande kommt, daß sich die im Querschnitt etwa halbkreisförmigen Blatthälften dicht aneinanderlegen. Nur an der Basis jedes »Espartohalmes« kann man schon durch die Form nachweisen, daß er ein Blatt ist.

Die grobe, zu Seilerwaren dienende Espartofaser wird einfach durch Zerreißen der Blätter auf dem Wolf ohne jede Vorbehandlung erhalten. Früher scheint man sie in Spanien durch Bearbeitung auf den Hanfbrechen und Hanfhecheln ähnlichen Vorrichtungen dargestellt zu haben [Boehmer (94, S. 538)] und vielleicht steht auch jetzt noch diese Bereitungsweise hie und da in Anwendung.

Die Faser ist nach Wiesner 10 bis 40 cm lang und 90—500 μ dick. Die feinen Fasern sind kurz, die groben lang. Von den einzelnen Fasern gehen noch überaus zarte Fäserchen aus, die etwa eine Dicke von 30 μ haben, sich jedoch nur in einer Länge von 1—2 cm abziehen lassen. Die Faser ist grüngelblich gefärbt, glanzlos, rauh beim Anfühlen und im Vergleich mit den gewöhnlichen Spinnfasern steif.

Lufttrocken führt die Espartofaser 6,95, in mit Wasserdampf völlig gesättigter Luft 13,32 % Wasser. Vollkommen getrocknet liefert sie 2,20 % Asche. Diese Asche ist wohl kristallfrei, hat aber doch ein sehr charakteristisches Gepräge, indem sie der Hauptmasse nach aus gestaltlich vollkommen wohlerhaltenen Oberhautstücken des Espartohalmes besteht, an denen man die durchweg stark verkieselten Oberhautzellen und Spaltöffnungszellen mit überraschender Schärfe erkennt. In diesen Oberhautstücken findet man zwei Arten von Oberhautzellen; gewöhnliche, seitlich wellenförmig konturierte (siehe die unten bei Besprechung der Strohpapiere abgebildeten Oberhautzellen des Espartoblattes; vgl. auch Abb. 103) und überaus kleine, wegen ihrer starken Verkieselung Kieselzellen genannte Elemente.

Jod und Schwefelsäure färben die Faser rostrot, Kupferoxydammoniak färbt sie grün und nur die hie und da freiliegenden Bastzellen unter Aufquellung blau. Anilinsulfat ruft eine eigelbe Farbe hervor; die Espartofaser ist also verholzt.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Espartofaser tritt das Oberhaut- und Gefäßbündelgewebe so stark in den Vor-

dergrund, daß es genügt, die morphologische Charakteristik auf diese beiden Gewebe zu stützen. Das Parenchymgewebe ist in so geringer Menge vorhanden, daß man, auch mit Rücksicht auf den Umstand, daß seine Zellen zerdrückt und zerrissen sind, Mühe hat, es aufzufinden

Abb. 101.
Querschnitt durch einen Teil des Blattes von *Stipa tenacissima* (Esparto). *o* Oberseite. *u.* Unterseite, *G* Gefäßbündel, dessen Bast sich bis nahe zur Oberhaut fortsetzt (bei *b'*), *o o* Oberhautzellen, *s* Spaltöffnung (nur oberseits), *h* Haare, *b* Bastring, unterseits geschlossen. *P* Parenchym. Vergr. 80.

Abb. 102.
Querschnitt durch einen Teil des Blattes von *Lygeum spartum*. *o* Ober-, *u.* Unterseite des Blattes. *h* Haare, *s* Spaltöffnungen (oben und unten). *o* Oberhautzellen, *b* einfache Baststränge, *G* Gefäßbündel, *P* grünes, *P'* farbloses Parenchym, *Gs* Gefäßbündelscheide. Vergr. 80.

und sicher zu deuten. — Fast an jeder Espartofaser sieht man Stücke der Oberhaut, bestehend aus Oberhaut- und hin und wieder Spaltöffnungszellen, reichlich bedeckt mit kurzen, an der Spitze meist hakenförmig gekrümmten, konischen Haaren (Abb. 105). Die Länge der gewöhnlichen Oberhautzellen beträgt etwa 60, ihre Breite 12 μ. Die Haare sind 36—60 μ lang; ihre Basis mißt etwa 9μ. — Die Hauptmasse der Fasern besteht indes aus Bastzellen. Diese sind kurz, nämlich meist unter, selten über 1 mm lang, sehr regelmäßig walzenförmig und lang zugespitzt, stark verdickt, fast wie die Flachsbastzellen, 9—15 μ breit. — Die Bastzellen des Espartohalms werden durch Kupferoxydammoniak gebläut, quellen auf, stellenweise blasig und werden schließlich in Lösung übergeführt. Jod und Schwefelsäure ruft an der unveränderten Bastzelle eine grüngelbe, Anilinsulfat eine deutliche gelbe, Phlorogluzin + Salzsäure eine rotviolette Färbung hervor. Die Bastzellen des Espartoblattes sind mithin verholzt.

Wenn es darauf ankommen sollte, zu unterscheiden, ob eine bestimmte Espartosorte von *Stipa tenacissima* oder *Lygeum spartum* herrührt, so wird man den anatomischen Bau der Blätter dieser Gräser zu beachten haben. Sowohl wenn es sich um unverletzte Blätter handelt, als auch wenn die Espartofaser in fein zerteilter Form, z. B. als Papierfaser vorliegt, wird die Unterscheidung leicht und sicher durchzuführen sein.

Handelt es sich um die ganzen Blätter oder um gröbere Fragmente davon, so genügen für die Unterscheidung folgende Kennzeichen: Die Oberhaut des Blattes von *Lygeum spartum* ist mit Haaren und Spaltöffnungen versehen. Die Haare kommen nur an der Oberseite des Blattes vor, sind entweder einzellig, dickwandig, weitlumig, oben fast immer abgestumpft (Abb. 102 und 106) oder zart, dünnwandig und zweizellig. Zwischen den Oberhautzellen liegen kleine, meist runde Kieselzellen. Spaltöffnungen kommen sowohl an der Ober- als auch an der Unterseite des Blattes vor. Das Grundgewebe besteht vorwiegend aus grünem Parenchym. In dieses ist ein Kreis von vollkommen getrennten, einfachen Bastbün-

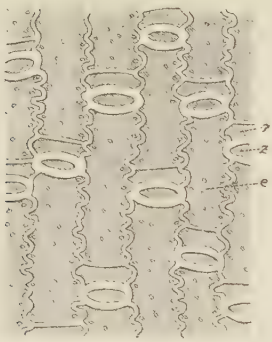


Abb. 103.
Oberhaut von der Unterseite eines (jungen) Blattes von *Stipa tenacissima*. *z z'* Paare von Kieselzellen, von denen die eine stärker als die andere verdickt ist. Im reifen Blatt, wie es als »Esparto« vorliegt, sind die Oberhautzellen (*e*) stärker verdickt, aber nicht länger als in der Abbildung. Vergr. 460.

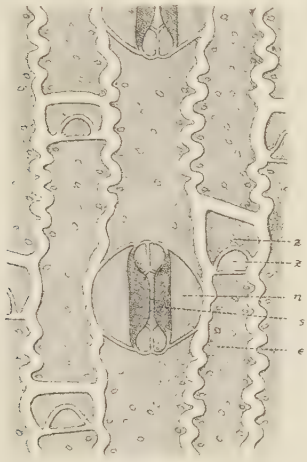


Abb. 104.
Oberhaut von der Unterseite eines Blattes von *Lygeum spartum*, *e* Oberhautzellen, *zz* Kieselzellen, *s* Spaltöffnung mit Nebenzellen *n*. Vergr. 460.

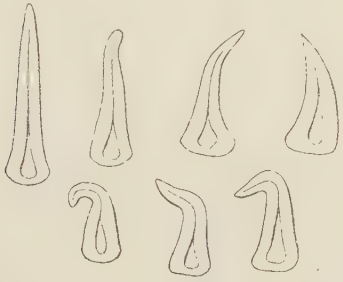


Abb. 105.
Haare von Esparto (Blatt von *Stipa tenacissima*). Vergr. 460.

deln und Gefäßbündeln eingebettet, die von einer großzelligen Gefäßbündelscheide umkleidet sind.

Die Haare von *Stipa tenacissima* sind fast durchweg kegelförmig, zugespitzt, häufig hakenförmig gekrümmt, sehr englumig (Abb. 101 und 105). Spaltöffnungen finden sich nur an der Oberseite des Blattes. An der Unterseite des Blattes befindet sich ein kontinuierlicher Bastring, oberseits treten getrennte einfache Bast-

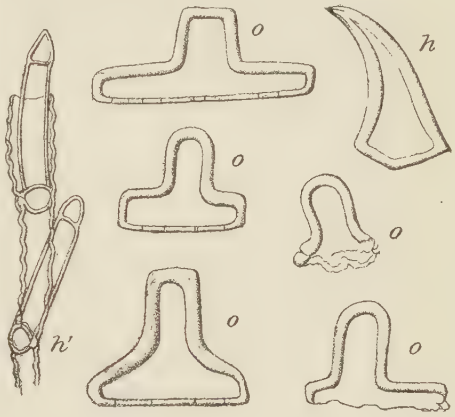


Abb. 106.
Charakteristische Bestandteile der Espartozellulose von *Lygeum spartum*. *o o* Papillös ausgestülpte Oberhautzelle, *h* derbwandiges einzelliges Haar, *h'* Oberhautstück mit zarten zweizelligen Haaren. Vergr. 400.
(Nach T. F. Hanausek.)

stränge auf. Im Grundgewebe, das fast ganz aus grünem Parenchym besteht, liegen Gefäßbündel, deren langgestreckte Bastbündel bis an die Peripherie des Blattes reichen. Die Fasern dieser Bastbündel sind auffallend dünnwandiger als die Fasern der schon genannten einfachen Bastbündel bzw. des an der Unterseite des Blattes vorkommenden Bastringes. Gefäßbündelscheide fehlt.

Die Oberhautzellen und die Spaltöffnungen des Blattes von *Lygeum spartum* sind auffällig größer als die von *Stipa tenacissima*. Die Zwergzellen stehen bei beiden allerdings paarweise, haben aber bei beiden eine verschiedene Gestalt (Abb. 103 und 104).

Über die Anatomie des Blattes von *Lygeum spartum* und *Stipa tenacissima* siehe A. Hayek (313).

Die Espartofaser wird in Frankreich zur Herstellung von grobem Pack-

tuch und zu Seilerarbeiten verwendet. Vielseitiger ist die Verwendung in Spanien, wo die Faser in großem Maßstab zur Verfertigung von Seilen für Bergwerke und von Sandalen Verwendung findet, die im Lande benutzt, aber auch stark nach Westindien exportiert werden. Die Hauptverwendung findet die Espartofaser in der Papierfabrikation, besonders in England. Die Faser soll auch eine Art »Roßhaar« für Polsterzwecke liefern (D. R. P. Nr. 256 169/29 b). Die Verwendung des intakten Blattes (Espartostroh) in der Korbflechterei und als Durchzugsstroh der Virginia-Zigarren wurde schon oben erwähnt.

Der aus Esparto hergestellte Papierstoff besteht der Hauptmenge nach aus Bastzellen, die, abgesehen von der Länge, im Bau und in den Dimensionen mit den Flachsfasern übereinstimmen. Die Bastzellen des Esparto sind aber so kurz, daß man bei schwachen Mikroskopvergrößerungen beinahe in jedem Gesichtsfeld die natürlichen Enden der Faser in Form lang zugespitzter Kegel sieht und nicht selten die Bastfaser ihrer ganzen Länge nach überblickt. Von Wichtigkeit für die Erkennung des Espartopapieres sind die sehr kurzen Oberhautzellen (Abb. 106 *A*). Auch die eigentümlichen Haare (Abb. 105) dienen zur Erkennung, ebenso die stets vorhandenen Fragmente von Gefäßen (besonders Ring- und Netzgefäßen).

Handelt es sich um die Entscheidung der Frage, ob ein Espartopapier aus den Blättern von *Stipa tenacissima* oder *Lygeum spartum* bereitet wurde, so hat man auf die bereits oben angegebenen anatomischen Unterscheidungsmerkmale Rücksicht zu nehmen, soweit sich diese in den Papierfasern nachweisen lassen, also vor allem auf die Bestandteile der Oberhaut, und zwar besonders auf die Haare, die Spaltöffnungen, die Oberhautzellen und Kieselzellen. Das Auftreten von abgestumpften, weitlumigen Papillen der Oberhautzellen, die häufig von den Zellen abgelöst sind, weist auf die Anwesenheit von *Lygeum spartum*. Das Auftreten von spitzen, hakenförmig gekrümmten, englumigen Haaren weist auf *Stipa tenacissima;* doch kommen hin und wieder auch gerade, ja sogar auch etwas abgestumpfte Haare bei dieser Grasart vor. Die analogen Haare von *Lygeum* besitzen ein viel größeres Lumen und sind niemals hakenförmig gekrümmt. Bei aufmerksamer Betrachtung wird die Entscheidung, ob *Stipa* oder *Lygeum* vorliegt, um so sicherer zu treffen sein, als die Oberhautzellen bei *Stipa* auffallend kleiner sind als bei *Lygeum*. Auch der bei den Spaltöffnungen und Kieselzellen bestehende Unterschied wird heranzuziehen sein.

Die Fasern des gebleichten aus Esparto bereiteten Papierstoffs färben sich begreiflicherweise durch Jod und Schwefelsäure blau und werden durch Anilinsulfat nicht gefärbt. In der Asche der Espartopapiermasse findet man wohlerhaltene Kieselskelette der Oberhautzellen.

38. **Piassave.** Unter Piassave (Piassaba) verstand man anfänglich nur die von selbst an der Luft mazerierten, am Stamm frei stehenden oder hängenden Gefäßbündel der Blattscheiden der brasilianischen Piassabapalmen. Diese charakteristische, dicke, braune, fischbeinartig biegsame und technisch sehr verwendbare Faser steht in Brasilien zur Herstellung von Matten, Seilen, Tauen usw. seit alter Zeit in Verwendung. Sie wurde als Piassave in Europa im Beginne der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts bekannt und gelangte rasch in der Bürstenindustrie zu ausgedehnter Benutzung.

Seither wurde die Aufmerksamkeit auf ähnliche, von andern Palmen herrührende Blattscheidenfasern gelenkt, die im Aussehen und anscheinend in den Eigenschaften der echten Piassave gleichen. Auch diese Fasern fanden alsbald Verwendung und werden, ganz abgesehen von der Abstammung und geographischen Herkunft, gleichfalls als Piassave bezeichnet.

Gegenwärtig kommen als Piassave mehrere im Aussehen ähnliche, aber in der technischen Verwendbarkeit verschiedene Fasern vor, nämlich die schon genannte in zwei Hauptsorten zerfallende brasilianische und die afrikanische Piassave. Letztere stammt von der im tropischen Afrika weit verbreiteten, in einzelnen Gebieten massenhaft auftretenden Bambou- oder Weinpalme, *Raphia*

vinifera P. et B., und erscheint im Handel auch unter dem Namen bass fibre (Bassfaser, Bastfaser). Im europäischen Handel kennt man die bass fibre seit 1890.

Auf einige von anderen Palmenarten herrührende, jetzt häufig gleichfalls zu den Piassaven gerechnete Fasern kommen wir später noch zurück.

A. Die brasilianischen Piassaven. Die ersten verläßlichen Angaben über eine aus Brasilien stammende Piassave finden sich bei Martius (481, II, S. 625), der zeigte, daß diese so höchst charakteristische Faser von einer Palme abstammt, die er als *Attalea funifera* beschrieb. Später wurde von A. R. Wallace (741) im Gebiet des Rio negro (Nebenfluß des Amazonenstroms) eine von ihm als *Leopoldinia piassaba* beschriebene Palme entdeckt, die Piassave (Piaçaba) liefert. Er hielt diese Pflanze für die echte Piassavepalme.

So entstand eine Kontroverse, die manche Unklarheit in die Frage der Abstammung der brasilianischen Piassaven brachte. Von einer Seite [Seemann (659)] wurde behauptet, daß die beiden genannten Palmen identisch seien, welche Ansicht auch bei Wiesner (771, I. und II. Aufl.) und Sadebeck (608, S. 317) zu finden ist.

Das erneute Studium der käuflichen Piassaven lehrte aber, daß diese Ansicht nicht richtig sein kann, da die Qualitäten der im Handel erscheinenden brasilianischen Piassaven auf mindestens zwei verschiedene Stammpflanzen hinweisen. Man gewann hierfür auch botanische Anhaltspunkte, indem mit voller Sicherheit gezeigt werden konnte, daß nicht nur die von Martius aufgestellte *Attalea funifera*, sondern auch die von Wallace beschriebene *Leopoldinia piassaba* ganz selbständige Arten sind und Produkte liefern, die man im Handel als Piassaven zusammenfaßte, obwohl sie in ihren Qualitäten so verschieden sind, daß sie verschiedene Handelssorten bilden.

Sadebeck (608) leitet in einer späteren Schrift die Bahia-Piassave von *Attalea funifera*, die Para-Piassave von *Leopoldinia piassaba* ab, was mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit bereits früher (1894) von T. F. Hanausek (288) ausgesprochen wurde. Die Herleitung der Bahia-Piassave ist gewiß richtig, da Sadebeck verläßliches, sicher von *Attalea funifera* herrührendes Material zur Hand hatte. Dagegen bezieht sich seine Aufstellung hinsichtlich der Para-Piassave nicht auf ein botanisch bestimmtes Produkt, sondern auf eine Handelsware, die er von einer amerikanischen Firma erhielt. T. F. Hanausek wollte in dieser Frage die noch bestehende Unsicherheit beseitigen, erlangte aber nur ein Stück einer Blattscheide von *Leopoldinia pulchra* Mart., deren zusammengesetzte Faserbündel sich aber als genau so gebaut erwiesen wie die als Para-Piassave bezeichnete Ware. Jedenfalls stammt die Para-Piassave von einer *Leopoldinia*-Art ab, und es ist ziemlich sicher, daß der größte Teil der von diesem Faserstoff im Handel befindlichen Menge von *Leopoldinia piassaba* geliefert wird.

a) Die Para-Piassave, also hauptsächlich von *Leopoldinia piassaba* Wall., erscheint im Handel in Längen bis zu 1,85 m, ist meist stark abgeplattet und gewöhnlich 0,8—2,5, doch auch hin und wieder bis 3,5 mm breit. Sie ist an einer oder an zwei Seiten scharfkantig. Die Kanten laufen entweder ganz geradlinig oder in steilen Schraubenwindungen. Die Farbe dieser Blattscheidenfaser liegt zwischen zimt- und schokoladebraun. Die einzelnen Fasern sind gewöhnlich gleichmäßig gefärbt oder aber mit helleren Streifen versehen an den Stellen, wo das noch in kleiner Menge anhaftende Grundparenchym mit dem zwischen den Gefäßbündeln netzförmig verteilten Parenchym (Abb. 107 *P*) in Verbindung steht. Die Faser ist sehr elastisch, in höherem Grad als die nachfolgend beschriebene, doch läßt sie sich in der Hand brechen.

Aus dem Querschnitt erkennt man unter dem Mikroskop (Abb. 107), daß diese Faser aus mehreren um ein Zentralbündel herum gruppierten Gefäßbündeln besteht, wodurch sie sich sofort von der Bahia-Piassave unterscheiden läßt, die stets nur ein Gefäßbündel enthält. Die in jeder einzelnen Faser auftretenden, von mächtigen Bastbündeln umhüllten Mestomstränge (in Abb. 107 sechs) lassen deutlich Phloem (Siebteil) und Xylem unterscheiden. Um die Bast-

mäntel herum und stellenweise zwischen sie hindurch, bis zum Mestom reichend, treten Parenchymelemente in mehr oder minder geschlossenen Zügen auf, den Querschnitt unregelmäßig netzförmig durchziehend. Dieses netzförmige Zwischengewebe ist für die Para-Piassave ebenfalls charakteristisch.

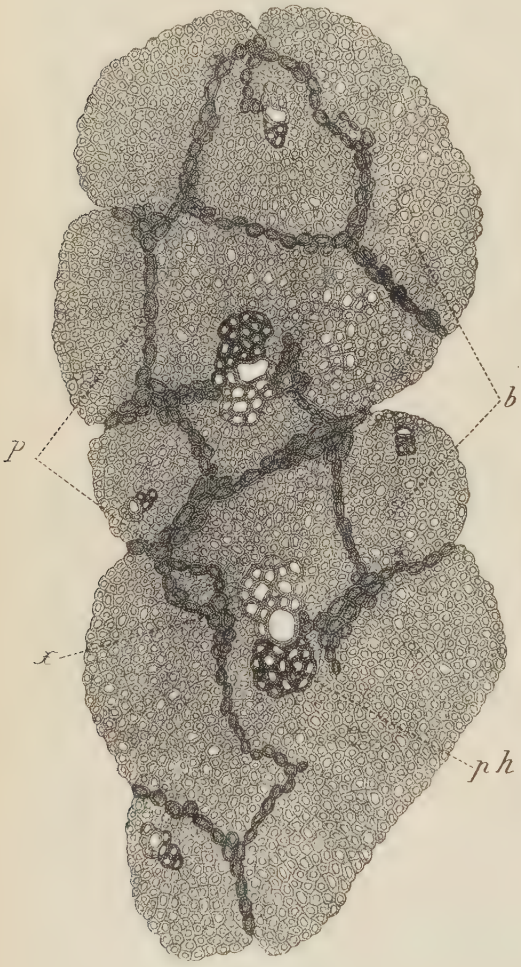


Abb. 107.
Querschnitt durch die Para-Piassave (von *Leopoldinia piassaba*). Zahlreiche (sechs) kollaterale Gefäßbündel (*ph* Phloem, *x* Xylem) sind von Bastzellen (*b*) umgeben. *P* parenchymatisches Zwischengewebe. Vergr. 100.

Die Bastzellen haben eine Länge von 0,3—0,9 mm, die Parenchymzellen messen im Längsschnitt im Mittel 75 μ, der Breite nach 25 μ. Die Gefäßbreite beträgt im Mittel 54 μ. Nach H. Greilach (mitgeteilt in Wiesner, Rohstoffe, 2. Aufl.) rollen sich die Schraubenbänder der Gefäße nach Behandlung in heißer Kalilauge ab (vgl. bei afrikanischer Piassave). In der Peripherie der Fasern treten sehr auffällige »Stegmata« mit morgensternförmigen Kieselsäureeinschlüssen (Abb. 108) auf.

Abb. 108.
Kieseleinschlüsse der Stegmata von afrikanischer (*1*) und brasilianischer (*2*) Piassave, nach Behandlung der Fasern mit Chromsäure zurückbleibend. Vergr. 500.

Lufttrocken führt diese Piassave 9,26, in mit Wasserdampf gesättigtem Raume 16,98 % Wasser. In einzelnen Sorten steigt der maximale Wassergehalt bis auf 20,06 % (Greilach). Getrocknet liefert sie 0,506 % Asche, die reich an Kieselsäureeinschlüssen der Stegmata ist.

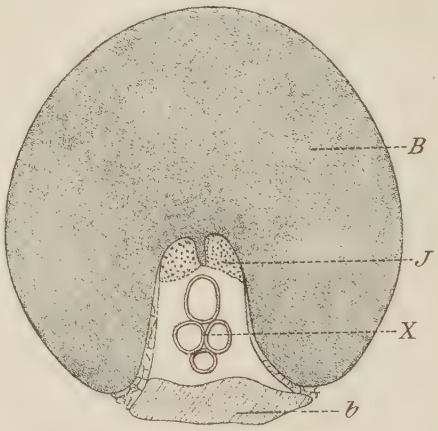


Abb. 109.
Querschnitt durch die Bahia-Piassave (von *Attalea funifera*). *X* Xylem des Gefäßbündels, *J* Siebteil des Phloems des Gefäßbündels, *B* Bast des Phloems, *b* Bast des Xylems. (Schematisch, nach Sadebeck.)

b) Die Bahia-Piassave stammt von *Attalea funifera;* sie stimmt im Aussehen und in der Länge ziemlich mit der früheren überein, doch ist sie merklich dunkler, der Querdurchmesser gewöhnlich unter 1,5 mm. Diese Faser spaltet leicht, und deshalb findet man in der Ware auch Fasern von roßhaarähnlicher Dicke. Die Bahia-Piassave ist stielrund oder abge-

rundet drei- bis viereckig, fast isodiametrisch. Jede Faser enthält nur einen Gefäßbündelstrang mit einem mächtigen Bastbelag an der Phloem- und einem schwächeren Bastbelag an der Xylemseite des Gefäßbündels. Stegmata mit Kieselsäureeinschlüssen wie bei der früheren. Auch in betreff der Hygroskopizität und des Aschengehaltes ist kein auffälliger Unterschied zwischen Bahia- und Para-Piassave.

Die Bahia-Piassave wird von wildwachsenden Bäumen gewonnen. Ein Baum liefert durch 30 Jahre jährlich 5—10 kg Fasern.

Außer Para- und Bahia-Piassaven sind keine andern Sorten brasilianischer Piassaven bekannt geworden. Die Piassave der *Attalea funifera* kommt indes auch aus andern südamerikanischen Gebieten in den Handel, so aus Venezuela. Die dort seit 1882 in nicht unbeträchtlicher Menge gewonnene, Chique-chique genannte Faser ist nach Ernst (218, S. 438) eine Piassave, die von *Attalea funifera* abstammt, also mit der Bahia-Piassave identisch ist.

B. Afrikanische Piassave. Die Stammpflanze dieser Blattscheidenfaser, *Raphia vinifera*, ist im tropischen Afrika sehr verbreitet, wird aber nicht überall auf Faser ausgebeutet. Es ist derselbe Baum, dessen Blätter den sogenannten westafrikanischen »Raphiabast« liefern (siehe Nr. 36). Die größten Massen dieser Piassave liefert Westafrika, und zwar von Sierra Leone an bis Benin, besonders Liberia. Auch die ehemaligen deutsch-westafrikanischen Gebiete, in größerem Maße Kamerun, in geringerem Togo, waren am Export dieser Faser beteiligt.

Die Länge der untersuchten Faser ging nach Wiesners Feststellungen an Proben aus dem Berliner botan. Museum und solchen des Wiener Handels nicht über 60 cm. Sie ist abgeplattet, 1—3 mm breit, selten breiter. Die Färbung ist verschieden, gewöhnlich von strohgelb bis zimtbraun. Die tieferen Töne überwiegen. Eine Sorte von Sierra Leone (von der Berliner Kolonialausstellung 1896) hatte eine noch tiefere Färbung. Auch die einzelnen Fasern sind nicht selten ungleichartig. Häufig erscheint die Faser auf einer flachen Seite dicht, glatt und dunkelfarbig, auf der entgegengesetzten rissig bis schwammig und heller gefärbt. Die dichte Seite ist nach den Beobachtungen H. Greilachs manchmal noch mit einer spaltöffnungsführenden Oberhaut bedeckt, während die schwammige Seite noch Reste des parenchymatischen Grundgewebes enthält. Die einzelne Faser

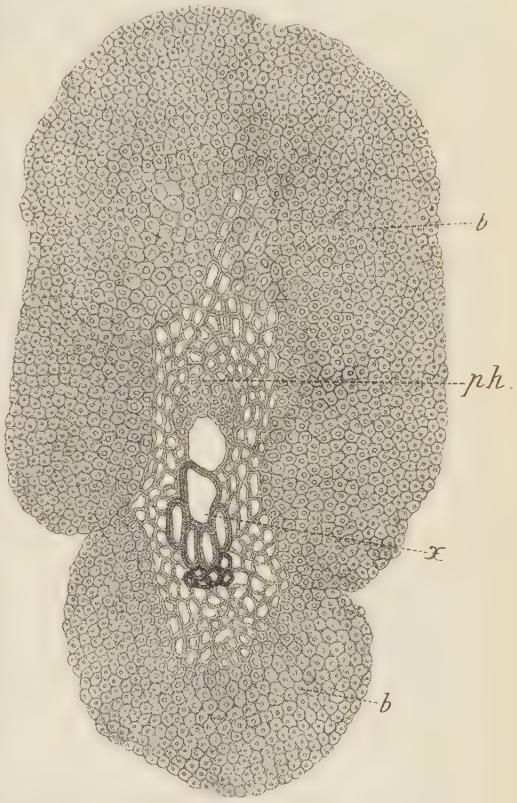


Abb. 110.
Querschnitt durch afrikanische Piassave (von *Raphia vinifera*). *ph* Phloem, *x* Xylem des Gefäßbündels, *b* Zellen des Bastmantels, welcher das kollaterale Gefäßbündel rings umgibt. Vergr. 100.

besteht, abgesehen von den eben erwähnten Gewebsresten, aus einem einzigen Gefäßbündel, wodurch sie sich von der Para-Piassave unterscheidet. Das Gefäßbündel ist hemikonzentrisch gebaut (Abb. 110); es besteht nämlich aus einem kollateral gebauten Mestomstrang, der von einem massiven, unterhalb der Mitte eingeschnürten Bastmantel umgeben ist. An der Einschnürungsstelle (Abb. 110) ist der Mestomstrang durch Parenchymzellen mit dem Grundgewebe verbunden, was auf dem Längsschnitt klar her-

vortritt, während diese Verbindung auf dem Querschnitt leicht übersehen werden kann, da nicht selten im Längsverlauf des Bündels dieses parenchymatische, der Stoffleitung dienende Gewebe stellenweise fehlt. — Die Bastfasern der Randpartien sind kurz (im Mittel 510 μ lang) und englumig, die inneren Bastfasern hingegen lang (im Mittel 2,5 mm) und weitlumig. Die Gefäße haben eine mittlere Weite von 77 μ. Die Gefäße sind netzförmig ver-

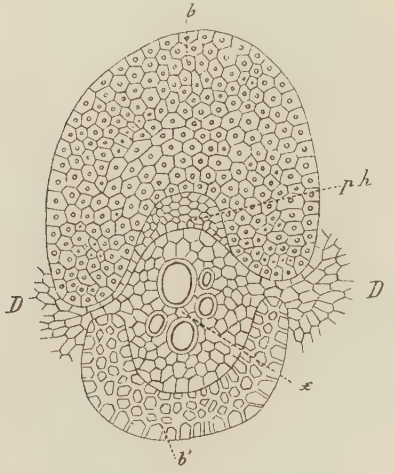


Abb. 111.
Querschnitt durch Borassus-Piassave. *ph* Phloem (Siebteil), *x* Xylem des Mestoms. *b* Bastzellen des an den Siebteil, *b'* Bastzellen des an das Xylem angrenzenden Bastkörpers. *D D* die dünnwandigen Durchlaßzellen, die die Verbindung mit dem parenchymatischen Grundgewebe des Stammes herstellen. Vergr. 50.
(Nach Sadebeck.)

dickt; nach Mazeration mit Kalilauge erscheinen keine abrollbaren Gefäß-Schraubenbänder (Greilach). Stegmata wie bei der brasilianischen Piassave, nur etwas größer. Im Innern der Stegmata erscheinen gleichfalls morgensternförmige Kieselkörper (Abb. 108).

Nach Greilach enthält die Faser im lufttrockenen Zustande 15,4, in mit Wasserdampf gesättigter Luft bis 50,04 % Wasser.

Die afrikanische Piassave ist im Vergleich zur brasilianischen sehr brüchig und hygroskopischer, deshalb bedeutend geringerwertig. Die Liberia-Piassave erzielt ungefähr nur die Hälfte bis zwei Drittel des Preises der Bahia-Piassave.

Außer den drei genannten Piassaven erscheinen unter demselben Namen in neuester Zeit auch die Blattfasern einiger anderer Palmen (*Borassus flabellifer, Caryota urens* und *Vonitra fibrosa* Beck. = *Dictyosperma fibrosum*) im Handel.

Die Borassus-Piassave (Bassine) kommt von *Borassus flabellifer* L. (aber nicht von *B. flabellifer* var. *aethiopum* Mart. des tropischen Ostafrika) hauptsächlich aus Ceylon und Indien in den Handel. Sie scheint in der Güte der bass fibre gleichzukommen. Im anatomischen Bau stimmt sie nach den Beobachtungen Wiesners in der Hauptsache mit der Faser von *Raphia vinifera* überein: jede Faser ist nämlich ein Gefäßbündel mit geringen Anhängen (Abb. 111). Über die Anatomie dieser Faser siehe Sadebeck (606, S. 316).

Die Caryota-Piassave von *Caryota urens* L. ist die als Kitul (Kitool) lange bekannte, in die Kategorie des vegetabilischen Roßhaars (crin végétal) gestellte Faser. Sie unterscheidet sich von den drei vorgenannten Piassaven durch ihre geringe, nur etwa 0,5 mm betragende Dicke, tiefschwarze Färbung und ihr den Roßschweifhaaren ähnliches Aussehen. Im anatomischen Bau ordnet sie sich dem Typus der Raphia-Piassave unter, sie enthält nämlich nur ein Gefäßbündel. Diese Faser (die auch Siamfaser genannt werden soll) kommt aus Indien und Ceylon.

Näheres über die Anatomie dieser Faser siehe Sadebeck (606, S. 316).

Sadebeck (608) hat später die Kitoolfaser von *Arenga saccharifera,* der südafrikanischen Zuckerpalme, abgeleitet. Dieser Angabe gegenüber hat Wiesner an der Ableitung von *Caryota urens* auf Grund seiner eigenen Beobachtungen auf Ceylon und in Indien und auf Grund von Watts (749) Angaben festgehalten. Nach Wiesner hat die Faser von *Arenga saccharifera* eine gewisse Ähnlichkeit mit der Kitoolfaser, auch im anatomischen Bau, aber in Indien ist diese Faser als Eju oder Gomuta fibre, im Malaiischen Archipel als arènvezel oder gemoeti bekannt und wird nirgends mit Kitool identifiziert. Über die arènvezel siehe v. Iterson (391, S. 47).

Die Dictyosperma-Piassave oder Vonitra-Piassave von *Vonitra fibrosa* Becc. (= *Dictyosperma*

fibrosum Wright) kommt aus Madagaskar [Beccari (71)]. Sie auch noch zu den Piassaven zu rechnen (Madagaskar-Piassave nach Sadebeck), scheint noch weniger erlaubt zu sein als die altbekannte Kitulfaser in diese Kategorie zu stellen. Unter Piassaven verstand man jahrelang die eigenartige dicke, fischbeinartige braune Faser der obengenannten brasilianischen Palmen. Mit dieser hat die afrikanische Piassave (bass fibre) eine auffallende Ähnlichkeit und auch die Bassine (von *Borassus flabellifer*) kann man naturgemäß noch zu den Piassaven zählen. Während die Kitulfaser nach Aussehen und Verwendung der Tillandsiafaser und überhaupt dem vegetabilischen Roßhaar anzureihen ist, weicht die Dictyosperma-Piassave schon durch ihr (makroskopisch) netzartiges Gefüge von dem, was man bisher unter Piassave verstand, sehr beträchtlich ab. Zerlegt man für den Gebrauch das Fasernetz in einzelne Fasern, so sind diese nicht so dick, um wie Piassave verwendet werden zu können. Man kann sie nur zur Herstellung grober Seilerwaren verwenden. Gegen Coir steht sie in Homogenität und Festigkeit zurück. Außer *Vonitra fibrosa* Becc. soll auch noch *V. crinita* Jum. et Perr. und *V. Thouarsiana* Becc. auf Madagaskar Piassave liefern.

Die brasilianische, die afrikanische Piassave und die Bassine finden ausgedehnte Verwendung zur Herstellung von Besen zur Straßenreinigung und in der Bürstenfabrikation. Die elastischere brasilianische Piassave, besonders die Para-Piassave, dient auch zu Matten- und anderen Flechtarbeiten und zur Herstellung von haltbaren, auf dem Wasser schwimmenden Tauen in der brasilianischen Marine. Die Kitulfaser wird zur Herstellung feinerer Bürsten (statt Borsten) und gröberer Pinsel benutzt.

39. Posidoniafaser. Die Posidoniafaser (Meerjute, Marinefaser, Cellonia, Lanamar) ist die natürlich mazerierte Bastfaser von *Posidonia australis* Hook. f., die an den südaustralischen Küsten (insbesondere in der Spencerbai) in sehr großen Mengen am Meeresgrund vorkommt.

Der Meeresboden ist hier von einer Schlammschicht gebildet und in diesem von Seegräsern überdeckten Schlamm, der zum großen Teil aus Schalen von Seetieren besteht, befindet sich die Faser, die nach der Verwesung der Pflanzen zurückgeblieben ist, der Hauptmasse nach aus den Bastbündeln der Pflanze besteht und etwa $^1/_2$ % des Gewichtes des Meerschlammes bildet. Der faserhaltige Schlamm wird vom Meeresgrund mittels Bagger-

Abb. 112.
Faserbündel von *Posidonia australis*. *v v* charakteristische Auszackungen der Zellhaut. Vergr. 400.

maschinen emporgehoben und mit Meerwasser gewaschen, wodurch ein Rohmaterial entsteht, das behufs Raffinierung nach Port Pirie geschafft wird. Diese Reinigung besteht nur in sorgfältigem Auswaschen, anfangs mit Meer-, schließlich mit Süßwasser. Dann wird die Faser getrocknet und exportiert. In diesem Zustand ist die Faser als Polstermaterial verwendbar.

Die Urteile über die Verwendbarkeit der Posidoniafaser für textile Zwecke (Erzeugung von Säcken, mit Wolle gemischt zur Herstellung von groben Tuchen) lauten sehr verschieden. Als Polstermaterial läßt sie sich gewiß verwerten, aber sonst wird es vor allem von den Kosten

der Gewinnung abhängen, ob es sich lohnt, aus dieser doch geringwertigen Faser grobe Gewebe herzustellen. Nach D. C. Winterbottom (779) ist die industrielle Verwertung der Faser noch nicht lohnend, aber für Isolierungszwecke soll sie sehr geeignet sein.

Die Wiesner zugekommenen Proben der Rohware hatten eine lichtbräunliche Farbe, ein wergartiges Aussehen und enthielten eine große Menge von glatten, 3—13 cm langen Fasern. Die Fasern bestehen aus Bastzellen, die meist zu 4 bis 12 vereint einen dichtgefügten Strang bilden. Höchst charakteristisch sind die Ausbuchtungen dieser Bastzellen (Abb. 112). Auch die analogen Faserzellen von *Posidonia oceanica* (welche Art in der Küstenregion des Mittelmeeres in Massenbeständen auftritt und deren Blätter als »Seestroh«, als Pack- und Polstermaterial verwandt werden) zeigen diese Ausbuchtungen nicht, so daß dieses Merkmal zur Unterscheidung von anderen vegetabilischen Fasern benutzt werden kann. Die Bastzellen erreichen nach Wiesners Feststellungen eine Länge von 2 mm. Die Wandverdickung ist gleichmäßig, doch sind einzelne Zellen verhältnismäßig dünn-, andere relativ dickwandig. Der maximale Querschnittsdurchmesser liegt zwischen 8 und 14 μ. Die Posidoniafaser ist stark verholzt. Nach dem Grafeschen Verfahren geprüft, ist der Verholzungsgrad sogar höher als der der Jute. Setzt man den Verholzungsgrad der Jute = 1, so ist der der Posidoniafaser = 1,4.

Die Faser läßt sich gut bleichen. G. v. Iterson übersandte Wiesner gebleichte Fasern von licht flachsblonder Farbe. Die von ihm erhaltenen veredelten Fasern hatten ein sehr gleichartiges Aussehen und erinnerten nicht mehr an das wergartige Aussehen der Rohware.

40. Typhafaser. Zur Zeit der mitteleuropäischen Faserstoffnot während des Weltkrieges wurde die Aufmerksamkeit auf die deutschen Typha-Arten (*Typha latifolia, T. angustifolia* sowie den Bastard beider, *T. glauca*) gelenkt, die in großen Beständen in Sümpfen und in den Verlandungszonen von Teichen und Seen auftreten und deren Blätter (besonders von *T. angustifolia*) zur Fasergewinnung geeignet sind.

Schon seit langer Zeit bemüht man sich, die glatten, geschmeidigen, feinen, aber kurzen Haare der Fruchtstände der Typha-Arten praktisch zu verwerten, aber für sich allein sind sie als Spinnstoff ungeeignet und können nur als Polstermaterial (»Jatawolle«) verwertet werden. Aus dem Stengel scheint man auch ein Fasermaterial gewonnen zu haben [siehe Hoffmeister in »Flachs und Leinen«, XI, 1899 und über die Mikroskopie bei Höhnel (374)], doch die Gewinnung der Blattfaser, die allein praktische Bedeutung hat, hat erst während des Krieges Beachtung erlangt.

Zur Gewinnung der Faser werden die Blätter nahe den Wurzelstöcken abgeschnitten, zu Bündeln vereinigt, an der Luft getrocknet, sodann der Länge nach gespalten und hierauf durch Behandlung mit Alkalien soweit aufgeschlossen, daß das die Faserstränge umschließende Gewebe zerfällt, ohne daß aber ein Zerlegen der Faserbündel in die Elementarfasern, die relativ kurz sind, bewirkt wird. Durch Abspülen werden dann die Faserstränge von dem übrigen Blattgewebe befreit.

Der Fasergehalt der Blätter von *Typha angustifolia* wird von P. Graebner, E. Medlewska und Zinz (255a) mit 33—35 % (bei *Typha latifolia* mit 25 bis 30 %) der Trockensubstanz angegeben.

Die Typhafasern stellen entweder die halbmondförmigen Bastbeläge der großen Gefäßbündel oder den ringförmigen Belag von kleineren Gefäßbündeln oder fast reine Bastfaserstränge dar. Die technisch verwandte Faser ist daher verhältnismäßig grob [durchschnittliche Breite nach Reimers (568) 68,5 μ] und kommt unvermischt nur als Ersatzfaser für Jute und Hanf in Betracht.

Näheres über die Anatomie des Typhablattes siehe Reimers (568) und Graebner, Medlewska und Zinz (255a).

Die Typhafaserbündel bestehen nach Reimers aus im Durchschnitt 1,2 mm langen. 11,9 μ breiten, mit eng linienförmigem Lumen versehenen,. bald spindelförmig endigenden, bald in eine lange Spitze ausgezogenen, wenig Verschiebungen zeigenden Bastzellen, die im Querschnitt in rundlichen, kompakten Gruppen als rundlich-polygonale Faserquer-

schnitte mit punktförmigem Lumen, vereinzelten Tüpfelkanälen und undeutlichem Mittellamellennetz erscheinen. Die in den von der Blattoberseite zur Unterseite ziehenden Parenchymbrücken auftretenden Faserstränge (Markfasern), die vorwiegend reine Bastfaserstränge darstellen, haben kürzere und feinere Einzelfasern, die im Durchschnitt rund 0,45 mm lang und 8,6 μ breit sind. Im aufgeschlossenen, aber ungebleichten Zustand werden die Faserbündel durch Chlorzinkjod rein gelb, durch Phlorogluzin und Salzsäure sehr schwach rotviolett, durch die Mäulesche Reaktion tief rot gefärbt; die Faser ist sonach etwas verholzt. Durch die Bleiche wird aber diese Verholzung beseitigt. In Kupferoxydammoniak quellen die meisten Fasern nur wenig auf; abstehende feinere Fasern zeigen aber typisch tonnenförmige Quellung. Die meisten Faserbündel zeigen im Innern oder seitlich anhaftend Gefäße. An der Faser haften dann weiter noch häufig Kristallkammerzellen mit Kalziumoxalatkristallen, Parenchymzellen, sternförmigen Diaphragmazellen und Epidermisfetzen.

Typhafaser ist als Jute-Ersatz und, mit Flachswerg oder Kunstwolle gemischt, zur Herstellung von Garnen für Kleiderstoffe verwandt worden, spielt aber gegenwärtig keine Rolle mehr. Auch die Verwendung als Papierrohstoff hat sich aus verschiedenen Gründen als undurchführbar erwiesen.

41. Tillandsiafaser. Unter allen den Pflanzenfasern, die im Handel mit dem Namen »vegetabilisches Roßhaar« (crin végétal) bezeichnet werden, gibt es keine, die als sogenanntes Polstergut so sehr diesen Namen verdient wie die Faser von *Tillandsia usneoides* L., da sie nicht nur im Aussehen dem gekrempelten oder gesponnenen Roßhaar sehr nahe kommt, sondern sich auch durch relativ große Festigkeit, Elastizität und Dauerhaftigkeit über die andern als Polstermaterial benutzten Pflanzenfasern erhebt.

Die häufigste Handelssorte von vegetabilischem Roßhaar ist das sogenannte »crin d'Afrique« — in Wien kurzweg »Afrik« genannt —, das aus den Blättern der im westlichen Mittelmeergebiet (Spanien, Nordafrika) auftretenden niedrigen Fächerpalme *Chamaerops humilis* erzeugt wird. In Wien und in allen europäischen Industrieorten, die sich mit Möbelfabrikation befassen, wird dieser Faserstoff sehr viel benutzt. Andere Palmen, deren Blätter bzw. Blattgefäßbündel vegetabilisches Roßhaar liefern, sind *Chamaerops Ritchiana* und *C. hystrix, Phoenix reclinata, Arenga saccharifera, Caryota urens* und *C. mitis* (siehe oben S. 442 ff.). Während das vegetabilische Roßhaar gewöhnlich als Polstermaterial verwandt wird, dient die Faser der beiden letztgenannten Palmenarten als Ersatz für geringere Sorten von geradfasrigen Roßschweifhaaren für grobe Pinsel, Bürsten, Flechtarbeiten usw.

Über die Mikroskopie von crin d'Afrique siehe Tobler (694, S. 90—96).

Tillandsia usneoides ist eine auf Bäumen als Epiphyt auftretende Bromeliacee, die in Südamerika (Brasilien, Guayana usw.), in Nordamerika (Südkarolina und von Florida bis Louisiana) und in Westindien gebietweise massenhaft vorkommt.

Die Zweige dieses Epiphyten hängen schlaff von den Bäumen herab. Nach zuverlässigen Angaben von A. F. W. Schimper (633) erreichen sie eine Länge von 3 m.

Der Stengel der *Tillandsia usneoides* ist etwa wie ein Grashalm gegliedert, er besteht nämlich aus Nodien (Knoten) und Internodien, die regelmäßig abwechseln. Die Knoten sind weniger deutlich ausgebildet als bei gewöhnlichen Gräsern, die Internodien erreichen eine Länge von 4—10 cm. Von den Knoten gehen die mit langen Blattscheiden versehenen Blätter aus, in deren Achseln gleichfalls hängende Seitenzweige zur Ausbildung gelangen. An der Bildung der Faser nehmen, wie später noch näher dargelegt wird, die Gefäßbündel der Zweige und der Seitenzweige Anteil.

Im Handel erscheint die Tillandsiafaser in zweierlei Form: ungeschält und geschält. Die ungeschälte Faser entspricht dem zerkleinerten, von den Blättern befreiten Stengel der Pflanze. Sie wird nach Europa gebracht, um hier entweder direkt verwandt oder in die »geschälte« oder »gereinigte« Faser umgewandelt zu werden. Aus den Heimatländern kommt aber auch schon geschälte Ware auf den Markt. Die ungeschälte Faser enthält noch die

Abb. 113.

Tillandsiafaser: 1/1 Rohfaser (d. i. ungeschält) in natürlicher Größe. 2 5/1 Rohfaser in zweieinhalbfacher Vergrößerung. *K* Knoten (Auszweigungsstelle), *i* durch zwei Knoten begrenzte Stengelglieder (Internodien).

Abb. 114.

Geschälte Tillandsiafaser. 1/1 in natürlicher Größe. *K* Knoten (Auszweigungsstelle), *ii* Internodien. 3/1 3fach vergr. Ein Knoten der geschälten Faser.

sehr charakteristisch gebaute Rinde der Stengel, während die geschälte nur aus den zu einem dichtgefügten Strang vereinigten Gefäßbündeln besteht.

Die Tillandsiafaser ist so wie der Stengel der Pflanze gegliedert und verzweigt, und zwar sowohl die rohe wie die gereinigte Faser, und dadurch unterscheidet sie sich sofort und augenfällig nicht nur vom echten Roßhaar, sondern von allen übrigen Sorten des vegetabilischen Roßhaares (siehe Abb. 113 und 114).

In Europa kennt man die Tillandsiafaser schon seit dem 18. Jahrhundert [Boehmer (94) I, S. 551]. Durch die ersten Weltausstellungen (London 1862, Paris 1867) ist sie bekannt geworden und kommt seit über einem halben Jahrhundert als ständiger Artikel im europäischen und amerikanischen Handel vor.

Man hat diese Sorte von vegetabilischem Roßhaar mit den verschiedensten Namen belegt. Im deutschen Handel heißt sie auch Baumhaar oder Louisianamoos [Wittmack in Engler-Prantl (214), II, 4, S. 56], in Frankreich crin végétal (zum Teil) oder Caragate [Cat. (147), 1867, S. 79], im Handel Englands und der Vereinigten Staaten Spanish moss, New Orleans moss, old man's beard, vegetable hair [Dodge (187), S. 314]. In Venezuela wird die Faser Barba di Palo [Ernst (218, S. 431)], in Argentinien Igan genannt.

Die Rohfaser (ungeschälte Faser) besteht, wie schon erwähnt, aus den Stengeln der Stammpflanze, ist in der schon angegebenen Weise gegliedert und verzweigt, besitzt einen Durchmesser von etwa 0,3—0,5 mm, ist graulich oder grünlich weiß und mit zarten, etwas abstehenden, silberglänzenden Saugschuppen (Abb. 115) bedeckt, die schon mit freiem Auge gut zu sehen sind. Mit der Lupe werden noch zahlreiche feine, braune Punkte kenntlich.

Diese charakteristischen Schuppen gehen von einer aus wellenförmig konturierten Elementen bestehenden Epidermis aus. Mit einem Teil ihres Körpers (dem Stiel) sind diese Schuppen in die Epidermis eingesenkt, mit einem anderen größeren Teil liegen sie in Gestalt eines Schildes der Epidermis auf (Abb. 116). Von der Oberseite gesehen besteht der schildförmige Teil aus radial verlaufenden Zellen (Abb. 115 und 117 *D*); an der Unterseite erkennt man jenen Gewebekörper, der in den eingesenkten Stiel übergeht. Nach v. Höhnel sind die radial angeordneten Zellen des schildförmigen Teils der Schuppen gar nicht, nach Schimper nur schwach, doch immerhin erkennbar kutikularisiert. Nach innen zu schließt sich an die Epidermis eine Rinde an, die aus 4—5 Lagen dünnwandiger Parenchymzellen besteht. Oberhaut und Rinde bilden eine zarte Gewebsmasse, die den festen Kern der Faser, nämlich die zu einem kompakten Strang vereinigten Ge-

Abb. 115.
Schuppe von *Tillandsia usneoides*. Schwach vergr. (Nach Schimper.)

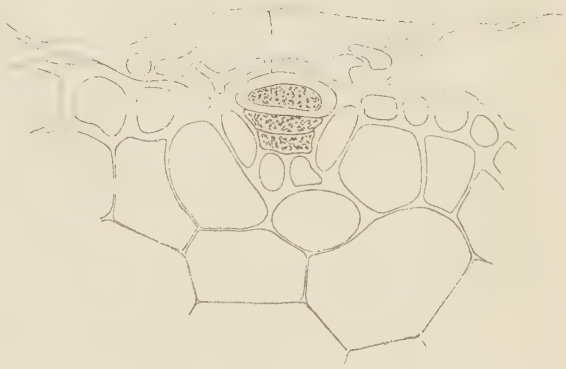


Abb. 116.
Querschnitt durch eine Schuppe von *Tillandsia usneoides* (Abb. 115), stärker vergrößert. Der Zellinhalt ist nur in den drei axialen Zellen gezeichnet. (Nach Schimper.)

fäßbündel des Stengels, sackartig umhüllt. Dieser feste Kern bildet die gereinigte oder geschälte Faser.

Nach den eingehenden Untersuchungen v. Höhnels besteht die geschälte Faser aus einem Bastfaserstrang (Sklerenchymstrang), in dem acht Gefäßbündel eingebettet sind. Die äußeren Elemente des Sklerenchymstrangs sind dunkelbraun, die inneren erscheinen hell. Die äußeren sind durchschnittlich auch merklich dicker als die inneren. Die Gefäßbündel ziehen parallel durch die Internodien. Die einzelnen aus deutlich getrenntem Xylem- und Phloemteil bestehenden Gefäßbündel sind durch Sklerenchymbrücken verbunden. Da die Xyleme zweier der genannten acht Gefäßbündel miteinander verschmolzen sind, so sind auf dem Querschnitt der Faser 15 Stränge zu unterscheiden, die, wie schon bemerkt, zu einem kompakten Strang (Kern der Rohfaser) vereinigt erscheinen.

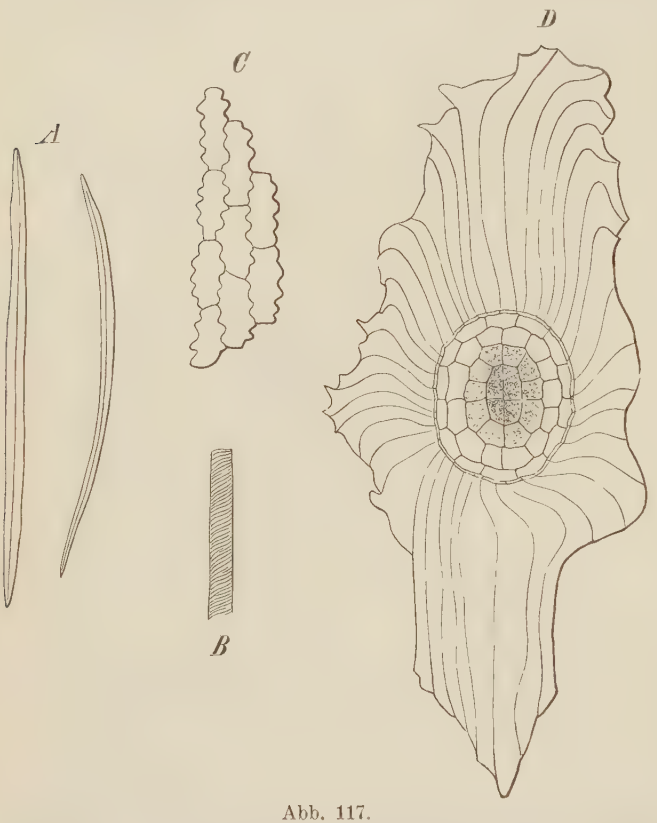


Abb. 117.
A Bastzellen, *B* Bruchstück eines Spiralgefäßes aus dem Gefäßbündel der Tillandsiafaser. *C* Oberhautzellen. *D* Schuppe vom Hautgewebe der rohen Faser. Vergr. 300.

Auf dem Querschnitt der Tillandsiafaser erkennt man die Xyleme der Gefäßbündel sehr deutlich, während an Stelle der Phloeme sich meist Lücken vorfinden, da das zarte Siebteilgewebe eingetrocknet ist. Hier treten also ähnliche Aushöhlungen der Faser ein wie bei der Kokosnußfaser (siehe Abb. 121) und noch einigen anderen Fasern (z. B. bei Agaven und Sansevierien, siehe Nr. 28 und 31). Spuren von Phloem sind hin und wieder noch zu erkennen (Abb. 119). Nach diesen Präparaten erscheinen auf dem Querschnitt auch mehr (16) und auch weniger als 15 Bündel. In der Mitte des Stengels treten entweder zwei einander genäherte oder miteinander verschmolzene Gefäßbündel auf (Abb. 119).

Durch Kalilauge läßt sich dieser »Kern«, nämlich die geschälte Faser, leicht in seine Elementarbestandteile zerlegen. Die Hauptmasse dieser bilden Bastzellen, die gewöhnlich nicht die Länge eines Millimeters erreichen (meist 0,2—0,8 mm). Doch steigt ihre Länge nach v. Höhnel bis auf 3 mm. Sie sind von Porenkanälen durchsetzt und lassen nach Behandlung mit Schwefelsäure 2—3 Schichtensysteme hervortreten. In den durch Kalilauge isolierten histologischen Bestandteilen erkennt man ferner Gefäße (Schraubengefäße, nach v. Höhnel auch Netz- und Ringgefäße), dünnwandige Holzparenchymzellen, endlich — als Bestandteile des fast ganz zerstörten Phloems — Kambiformelemente und nur wenig ausgeprägte Siebröhren, die nach v. Höhnel gänzlich zu fehlen scheinen. Die sehr auffälligen Schraubengefäße haben meist nur einen Durchmesser von 12 μ.

Die Gewinnung der Faser ist sehr einfach, da sich die sackförmig den »Kern« umhüllenden Gewebsreste von diesem

leicht trennen lassen. Sie soll in einem Röstprozeß bestehen, der die peripheren Gewebe auflockert und zum Teil zerstört, so daß schon ein einfaches Durchziehen der gerösteten Faser zwischen den Fingern genügt, um sie in genügend reinem Zustand zu erhalten. Siehe auch bei Semler (664). Nach Schimper (633) sind die Äste der Pflanze an ihrem unteren Ende abgestorben, sehen »roßhaarähnlich« aus, da sich dort die Rinde bereits abgelöst hat; aus diesem Grunde findet man an der ungeschälten Faser oft den freiliegenden »Kern«.

Jede Faser (Reinfaser) erscheint entsprechend den Internodien des Stengels gegliedert. Von den deutlich an der Faser erkennbaren Knoten gehen Seitenfasern aus, die hin und wieder selbst noch verzweigt sind (Abb. 113). Den Fasern haften manchmal noch Reste der Rinde und selbst der Epidermis an. Der Länge der Fasern wurde schon oben Erwähnung getan; es ist zu bemerken, daß die Tillandsiafaser, wie sie im Handel erscheint, nämlich der Hauptstrang der Faser, niemals natürliche Enden besitzt. Die Dicke der Faser ist im Gesamtverlauf überhaupt, abgesehen von den Knoten, sehr gleichmäßig, beträgt 120—210 μ, meist 150—160 μ.

Lufttrocken enthält die Faser 9 % Wasser. In mit Wasserdampf völlig gesättigtem Raum steigt der Wassergehalt bis auf 20,5 %. Die Aschenmenge beträgt, auf die getrocknete Substanz bezogen, 3,21 %. Die Asche ist kristallfrei.

Jod und Schwefelsäure, ferner Anilinsulfat, lassen sich wegen der dunkeln Färbung nicht anwenden. Kupferoxydammoniak übt keinerlei Wirkung aus.

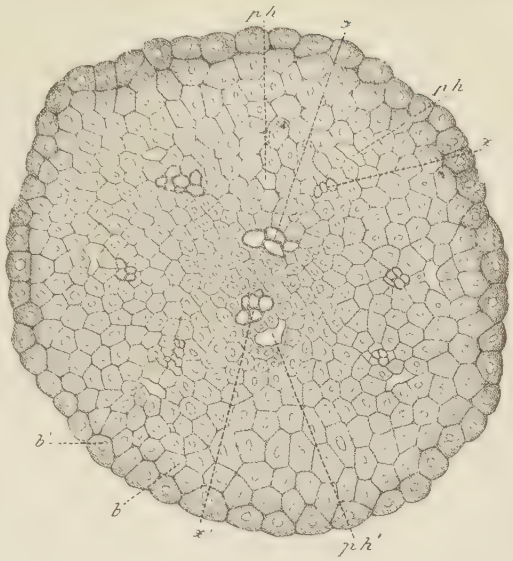


Abb. 118.
Querschnitt durch eine Rohfaser der *Tillandsia* mit 6 peripher gestellten und zwei einander genäherten, zentral gelegenen Gefäßbündeln. Hier erscheinen 8 Xyleme (*x x'*) und an Stelle von 8 Phloemen (Siebteilen) 8 Lücken (*ph, ph'*) in der Faser. *b* Bastzellen der Bastmäntel der Gefäßbündel, *b'* Bastzellen der dunklen peripheren Bastschicht. Vergr. 270.

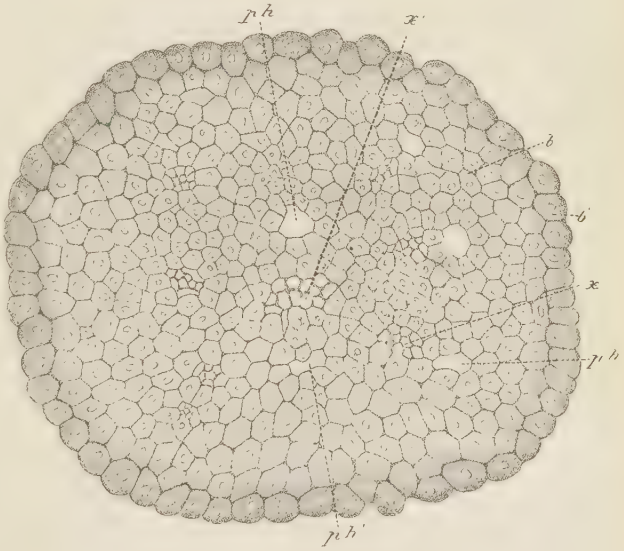


Abb. 119.
Querschnitt durch eine Rohfaser der *Tillandsia* mit 6 peripher und 2 zentral gestellten Gefäßbündeln, deren Xyleme (*x'*) miteinander verschmolzen sind. Von den 8 Phloemen ist nur eins erhalten, an Stelle der anderen erscheinen Lücken (*ph, ph'*). *b b'* wie in Abb. 118. Vergr. 270.

Die Faser ist bräunlich bis schwärzlich gefärbt und glänzend. Da man eine rein schwarze Faser einer heller gefärbten vorzieht, so wird häufig eine künstliche Schwarzfärbung der Reinfaser vorgenommen.

Im europäischen Handel erscheint meist die geschälte oder gereinigte Faser und bildet die beste Sorte von vegetabilischem Roßhaar, das als Polstermaterial für Möbel, Matratzen, Sattelkissen usw. sehr gesucht ist. Auch die rohe ungeschälte Faser findet als Packmaterial für Glas und Porzellan Verwendung.

In ähnlicher Weise wie *Tillandsia usneoides* sollen auch *T. flavescens* Mart. et Gall. und *T. recurvata* L. als vegetabilisches Roßhaar verwertet werden [siehe (541)].

Das in neuerer Zeit in den Handel kommende »künstliche Roßhaar« ist auch vegetabilischen Ursprungs. Es wird wie die Kunstseide aus Baumwolle oder Holzzellulose dargestellt. Dieses künstliche Roßhaar, das sogar als Ersatz für Menschenhaar zu Zöpfen, Perücken u. dgl. verarbeitet wird, erscheint im Handel unter Namen wie Sirius, Meteor, Helios, Pan-Seide. [K. Stirm (683, S. 257); A. Herzog (336, 353. Neueres hierüber vgl. Hottenroth (384a).]

42. Kokosfaser (Kokosnußfaser, Coïr, Coir). Die Kokospalme (*Cocos nucifera* L.) ist durch die Kultur wohl über die Küstengegenden der ganzen Tropenwelt verbreitet worden. Am häufigsten findet sie sich in den Küstenländern Südasiens und auf den diese umgebenden Inseln. Über die Heimat dieses außerordentlich nützlichen Kulturgewächses besteht, wie wohl über die ursprüngliche Verbreitung der meisten von alters her wichtigen Nutzpflanzen, keine Gewißheit. Das häufige Vorkommen in Südasien hat schon seit langem dahin geführt, dort die Heimat der Kokospalme anzunehmen. Aber ebenso berechtigt, vielleicht wegen des alleinigen Vorkommens der übrigen Cocos-Arten in Südamerika, ist die Hypothese vom südamerikanischen Ursprung dieses Baumes [Martius (480, S. 188); Miquel (502, III, S. 65); H. Winkler in Fruwirth (244)]. Drude [in Engler-Prantl (214, II, 3, S. 81)] läßt beide Ansichten gelten und nimmt sowohl das tropische Amerika sowie Südasien als Heimat der Kokospalme an.

Am stärksten wird die Kultur der Kokospalme auf Ceylon, ferner in Britisch-Ostindien, Hinterindien und Südamerika betrieben.

Aber auch andere tropische Küstenstriche liefern Kokosfasern. Unter anderm wird neuerdings an der Küste von Sansibar diese Faser in erheblicher Menge als Nebennutzung der Kopra- und Kokosnußölgewinnung erhalten. Die Deutsch-Ostafrikanische Kokosgesellschaft hat ihrerzeit in Daressalam die Kokosfasergewinnung in großem Maßstabe zu betreiben versucht. Jedenfalls hat die Kokospalmenkultur in den letzten $1^1/_2$ Jahrzehnten starke Ausbreitung erfahren und ist gewiß noch weiterer Steigerung fähig. Allerdings steht bei dieser Kultur die Kopragewinnung im Vordergrund des Interesses und der reichliche Ertrag an diesem getrockneten (zur Hälfte aus Fett bestehenden) Samenfleisch schwebt auch dem Tropenlandwirt als Züchtungsziel vor Augen, da die Kokosfaser nur etwa ein Sechstel vom Wert der Kopra hat. Kokosfasergewinnung und Kopragewinnung schließen sich übrigens etwas aus, da gute Kopra nur aus reifen Nüssen erhalten wird, während eine bessere, feine, leicht gefärbte Spinnfaser nur aus unreifen Nüssen erhalten wird. Für die Gewinnung von Borstenfasern sind wieder vollständig ausgereifte, nicht zu kleine Nüsse notwendig, da sonst die Faser zu kurz und nicht genügend steif ausfällt. In Ceylon blüht schon lange die Borstenfasergewinnung, während an der Malabarküste aus kleineren Nüssen hauptsächlich Spinnfaser gewonnen wird.

Die Kokosfaser (cocos fibre, cocoanut fiber) wird auch Coïr, Kair, Klappervezel (holl.), cocoa fiber genannt. Die heute sehr eingebürgerte Handelsbezeichnung coir tauchte erst im 19. Jahrhundert auf. Das Wort stammt aus dem Malaiischen (káyáru) und wurde zunächst in das portugiesische Wort cáiro umgebildet.

Die Früchte der Kokospalme sind von einem derben Epidermoidalgewebe umschlossen, unterhalb welchem in einer bräunlichen, parenchymatischen Grundmasse in mächtigen Schichten die zahl-

reichen Gefäßbündel liegen, die die Kokosnußfaser ausmachen. Hieran, nach innen zu, schließt sich die Steinschale (Kokosschale), die den öligen Kern der Nuß umgibt.

Die Gefäßbündel der Fruchtrinde der Kokosnuß kommen nicht bei allen Formen der *Cocos nucifera* in genügender Masse und Festigkeit vor, so daß nicht die Früchte aller Varietäten sich zur Gewinnung der Faser Coïr eignen. Von den 19 Varietäten sind es nur die mit sehr faserreichen Fruchtrinden versehenen, hauptsächlich *Cocos nucifera var. rutila, C. n. v. cupuliformis* und *C. n. v. stupposa,* die zur Darstellung der Kokosfaser benutzt werden können. Die erstgenannte Varietät gibt die beste, die zuletztgenannte die geringste, nämlich eine sehr steife und starre Faser [Miquel (502, S. 70 ff.): Watt (749, S. 352, S. 354 ff.)].

In Indien wird die Kokosfaser seit undenklichen Zeiten verwandt, besonders zu Stricken und Bindematerial im Haushalt, zu Tauen in der Schiffahrt. Das alte, primitive Verfahren zur Erzeugung des Coïr besteht in folgendem: Die faserigen Fruchthüllen frisch geernteter, gespaltener Nüsse werden einem Röstprozeß unterworfen, der aber manchmal 7 bis 18 Monate dauert. Der Prozeß wird so geleitet, daß die Fruchthüllen zeitweise unter Wasser stehen. Flußwasser gibt ein schöneres, helleres Produkt als brackiges Wasser. Je größer der Salzgehalt des letzteren, desto dunkler, in Rot fallend, ist die Farbe. Die Angabe, daß die Verwendung von Salzwasser schädigend auf die Faser wirke, soll nicht gerechtfertigt sein (Tropenpfl. XIII, 1909, S. 461). Die geröstete Faser wird mit Keulen geklopft und die nichtfasrigen Anteile werden mit der Hand entfernt. Die so erhaltene rohe Faser wird verpackt und versandt oder sie wird vorher in die Form langer, dünner Seile gebracht, die durch Frauen und Kinder verfertigt werden (Hausindustrie). Tausend Kokosnüsse liefern 45—60 kg lange, feine und 7,5—12,5 kg kurze Fasern (Bürstenfaser).

Aus Niederländisch-Indien, wo die mit Kokospalmen bepflanzte Fläche größer ist als in den Hauptproduktionsländern der Kokosfaser, wird trotzdem kein Coïr ausgeführt, weil dort meist Varietäten gebaut werden, die weniger Faserschicht aufweisen. Allerdings wird auch in Niederländisch-Indien von Eingeborenen (besonders in der Regentschaft Karanganjer in Süd-Kedoe) Coïr gewonnen, aber die Gewinnungsmethoden sind höchst primitiv. Hier werden die faserigen Fruchthüllen nur durch einige Tage aufgeweicht und dann die Fasern durch langandauerndes, mühsames Klopfen gewonnen. Auch die

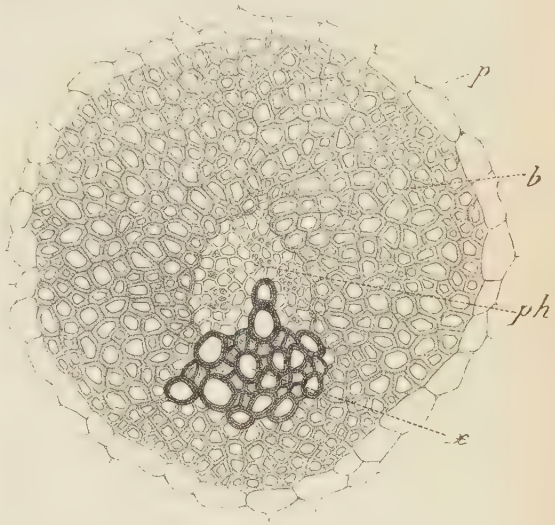


Abb. 120.
Querschnitt durch die Kokosfaser einer eben gereiften Frucht. *p* Parenchymatisches Grundgewebe, *b* konzentrisch das Gefäßbündel (Mestom) umgebende Bastzellen, *x* Xylem, *ph* Phloem des Gefäßbündels (Mestom). Vergr. 300.

Spinnmethode ist in Ceylon und Britisch-Indien verschieden von der auf Niederländisch-Indien. Jedenfalls könnte durch Verbesserung der Gewinnungs- und Spinnmethoden auch in Niederländisch-Indien die Coïrproduktion bedeutend gehoben werden.

Die Produktion des Coïr ist noch in fortwährender Steigerung begriffen.

Die gesteigerte Nachfrage nach Coïr hat zu einer rationelleren Erzeugung geführt, die in starker Abkürzung des nach mehrtägigem Einweichen einsetzenden Röstverfahrens und in maschineller Abscheidung der gerösteten Faser besteht. Die letztere wird auf Rollmühlen gebracht, gebrochen und auf Hechelmaschinen gereinigt. Neuerdings verwendet man Maschinen, die zur Abscheidung von Sisal dienen, mit Vorteil auch zur Coïrgewinnung. Durch Maschinenarbeit gelingt es,

das Fasermaterial in zwei Sorten zu scheiden: in eine grobe (Madras fibre) und in eine feine (Bristle fibre). Um der Faser eine hellere Farbe zu geben, wird sie häufig gebleicht, was entweder an der Sonne oder durch Einwirkung von schwefliger Säure erfolgt. Die reine Faser wird in Ballen gepreßt dem Handel übergeben. [Über die Maschinen zur Coïrgewinnung und über die bei der Reingewinnung durchzuführenden Prozesse siehe Semler (664) I, S. 657; Fesca (229) II, 1907, S. 158—159; Tropenpfl. II, 1898, S. 319; XIII, 1909, S. 461. Ferner Kluyver en Raden Mas Iso Reksohadiprodjo (409).]

Abb. 121.
Querschnitt durch eine käufliche Kokosnußfaser. *b* Bastzelle, *x* Xylem, *ph* Hohlraum an Stelle des vertrockneten Phloems. Vergr. 300.

Nach Europa und Nordamerika kommt nicht nur die nach dem alten Verfahren erzeugte rohe Kokosfaser, sondern auch die veredelte Ware. Diese wird aber auch in europäischen und amerikanischen Fabriken aus der fasrigen Fruchthülle (»Roya«) erzeugt.

Die Hauptexporthäfen für Kokosfaser sind auf Ceylon Colombo und Galle, an der Koromandelküste Coconado und an der Malabarküste Cochin und Calicut. Die Ausfuhr von Cochin ist von allen Plätzen am bedeutendsten (von Mitte 1907 bis Mitte 1908 etwa 3500 t), auch werden von dort die hellsten Sorten der ungesponnenen, rohen Kokosfaser (Cochinfaser), allerdings nur in geringen Mengen, exportiert. Rohe Faser kommt sonst hauptsächlich aus Ceylon.

Die rohe Kokosfaser hat eine Länge von 15—33 cm und eine Dicke von 50 bis 300 μ. An den Enden ist sie dünn, in der Mitte dick. Der Querschnitt ist rundlich oder elliptisch. Sie ist außerordentlich fest, widerstandsfähig im Wasser und schwimmt, selbst in dicke Taue gedreht, ähnlich wie die Piassavefaser, mit Leichtigkeit auf dem Wasser. Nach Grothe ist sie unter allen zur Verfertigung von Schiffstauen dienlichen Fasern die leichteste. Das geringe scheinbare spezifische Gewicht (Raumgewicht) dieser Faser wird hauptsächlich dadurch bedingt, daß die Faser hohl ist.

Abb. 122.
Querschnitt durch eine käufliche Kokosnußfaser. *p* Reste von parenchymatischem Grundgewebe. *b* Bastzellen, *x* Xylem, nach innen zu mit Schraubengefäßen, deren Schrauben sich teilweise losgelöst haben, *ph* Hohlraum an Stelle des eingetrockneten Phloems. Vergr. 300.

Lufttrocken führt die Kokosnußfaser 11,28 %, in mit Wasserdampf gesättigter Luft 17,99 % Wasser. Getrocknet liefert sie 1,49 % Asche, die fast gänzlich aus den Kieselkörpern der Stegmata (siehe unten) besteht.

Die Farbe der Faser ist braunrötlich in verschiedenen Tönen. Immerhin tritt die Färbung so auffällig hervor, daß die zu Farbenreaktionen auf Fasern dienenden Reagenzien auf sie meist keine Anwendung haben können. Mit Kupferoxydammoniak behandelt nimmt die Faser unter merklichem Aufquellen eine ausgesprochen blaue Farbe an. Infolge künstlicher Bleichung erscheint die Faser auch in helleren als den natürlichen Farben und ist dann leichter zu färben als die unveränderte Faser.

Die Kokosfaser stellt ein verzweigtes, kollaterales, von einem derben Bastmantel umgebenes, sogenanntes Bündel dar. Von

dem Mestomstrang ist in der »Faser« nur das Xylem (Holzteil des Gefäßbündels) erhalten. Das Phloem (Siebteil des Gefäßbündels) ist mehr oder weniger vollständig zerstört und an seiner Stelle erscheint ein Hohlraum (Abb. 121 und 122; vgl. auch Abb. 120), der nach Wiesners Feststellung erst nach der Fruchtreife durch Eintrocknung und Zerstörung des zarten Phloems entsteht. Dadurch erklärt sich auch die Lage der Gefäße im Innern der Faser. Die Gefäße und überhaupt das Xylem begrenzen einseitig den Kanal (Abb. 121) und der Hohlraum bezeichnet die Stelle im Gefäßbündel, an der das Phloem (des Mestoms) lag. Der Holzteil enthält als charakteristische Bestandteile Gefäße, die eine Weite von 40 μ erreichen. Die Gefäße sind teils abrollbare Schrauben-, teils Tüpfelgefäße, die nach dem Typus der Treppengefäße gebaut sind. Der den Mestomstrang umhüllende Bastmantel setzt sich aus deutlich porös verdickten Bastzellen zusammen, die eine Länge von 400—960 μ erreichen. Ihre Breite schwankt zwischen 12—20 μ und beträgt meist 16 μ. Die Wanddicke beträgt gewöhnlich ein Drittel des Zelldurchmessers. Die Wandverdickung ist ungleichmäßig. Alle Elemente des Gefäßbündels sind nach Ausweis der Phlorogluzinprobe verholzt. Über das merkwürdige optische Verhalten der Bastzellen der Kokosnußfaser siehe oben S. 420.

Der Bastmantel ist außen von papillös gestalteten, je einen Kieselkörper einschließenden Zellen mit dickwarzig aussehendem Ende bedeckt. Nach Mazeration der Faser treten diese eigentümlichen Deckzellen (»Stegmata«) mit großer Schärfe hervor (Abb. 123). In der Asche der Faser bleiben die Kieselkörper der Deckzellen, oft in Reihen angeordnet, zurück. Nach O. Richter (580) geben die Kieselkörper (Stegmata) manchmal die Berlinerblauprobe, in manchen Fällen aber nicht.

Das Coïr hat sich in neuerer Zeit zu einer der wichtigsten groben Pflanzenfasern, die die europäische Industrie aus den warmen Ländern bezieht, emporgeschwungen. Es wird zu Schnüren, Seilen, Teppichen, Bürsten, groben Pinseln, plüschartig gewoben zu Fußdecken, in neuerer Zeit auch zu Maschinentreibriemen verwandt. Die Kokosfaser wird auch mit Wollgarnen zu schön gemusterten Matten, Läufern und dergleichen verwoben. Sehr ausgedehnt ist die Verwendung zur Herstellung von Schiffstauen, die sich nicht nur durch große Elastizität und Haltbarkeit, sondern auch dadurch auszeichnen, daß sie auf dem Wasser schwimmen. Coïr und dessen Abfälle wer-

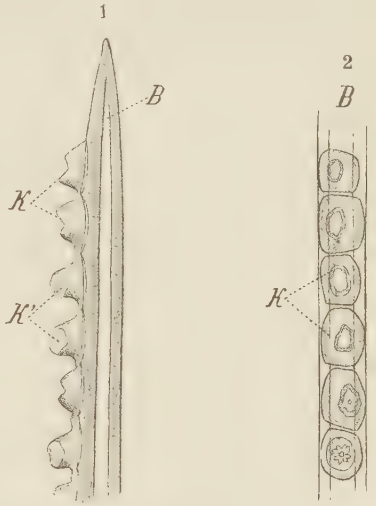


Abb. 123.
Bruchstücke von Bastzellen (*B*) der Kokosnußfaser mit Stegmata (*K, K'*). In 1 sind die Stegmata im Profil, in 2 in der Flächenansicht gesehen. Vergr. 400.

den neuestens auch in der Papierfabrikation angewandt (Tropenpfl. XV, 1911).

Von der Kokospalme werden von den Eingeborenen ihrer Kulturgebiete noch die Blätter für Flechtarbeiten (Matten, einfache Körbe), die Blattstielfasern ebenfalls in der Flechterei und zur Erzeugung grober Gewebe und die Blattrippen zur Besenerzeugung verwertet.

43. Torffaser. In neuerer Zeit ist man vielfach und teilweise erfolgreich mit der wirtschaftlich immer wichtiger werdenden rationellen Auswertung des Torfes beschäftigt. Die Bodenfläche der Erde, die von Moorland eingenommen wird, ist von enormer Größe. In Deutschland beträgt sie etwa 500 Quadratmeilen, d. i. 5 % der Gesamtfläche; in manchen andern europäischen Ländern ist sie noch größer und steigt in Irland bis auf 10 %.

Die Moorböden sind nur zum Teil und schwer der land- und forstwirtschaftlichen

Verwertung (Moorkultur) zugänglich. In dieser Richtung sind durch die fast in allen europäischen Ländern eingerichteten Kulturstationen große Fortschritte zu verzeichnen. Die meisten Moore sind aber der Moorkultur nicht zugänglich und müssen in anderer Weise dem Volkswohl dienstbar gemacht werden.

Die alte Torfstecherei zur Gewinnung von Brennmaterial wirft nur ein geringes Erträgnis ab. Dieser Zweig der Torfverwendung ist bereits vielfach in rationeller Umgestaltung begriffen. Es gelang die Herstellung von Torfbriketts zur Heizung von Maschinen, von Torfkohle, die Scheidung des getrockneten Torfs in Fasermasse und fein verteilten staubartigen Torf (Torfmull), der sich als gutes Desinfektionsmittel benutzen läßt.

Die rohe Torffaser wird stark als Stallstreu (Torfstreu) verwandt, die sich gegenüber dem Stroh durch weitaus größeres Aufsaugungsvermögen für Jauche und die Fähigkeit, Ammonstickstoff zu binden, vorteilhaft auszeichnet.

Seit etwa vier Jahrzehnten wird eine noch höhere Verwertung der Torffaser angestrebt, nämlich als Rohmaterial für textile Zwecke und zur Papierfabrikation.

Wenn von älteren unsicheren Angaben über Erfindungen, aus Torf spinnbare Faser zu erzeugen (Britische Patentschrift 3297/1881 von Henry Armstrong und Josef Augustus London; B. P. 5030/1883 Jean L. Allagnon in Paris), abgesehen wird, so scheint es wohl Georges Henry Béraud (zu Bucklesbury bei London) gewesen zu sein, der den fasrigen Torf zuerst erfolgreich zu textilen Zwecken nutzbar machte. Er nahm 1888 in England ein Patent auf eine Art Torfwolle, Beraudine genannt. Später wurden rationellere Verfahren zur Gewinnung von Torfwolle von C. Geige (Düsseldorf-Grafenberg), K. A. Zschörner (Wien) und in neuerer Zeit von J. Breyvogel (Kaiserslautern) gefunden. Lohnend ist die Torffasergewinnung nur als Nebenbetrieb bei der Gewinnung von Torfstreu oder Brenntorf, da die Ausbeute an Spinnfaser nur gering (etwa 2 % der Trockensubstanz) und die Abfallmenge sehr bedeutend ist.

Das Geigesche Verfahren besteht darin, die Rohfaser, mechanisch von den anhängenden nichtfasrigen Bestandteilen befreit, zuerst einer alkoholischen Gärung zwecks Beseitigung von Stärke und Zucker zu unterwerfen, sodann mit Entfettungsmitteln (Benzin usw.), hierauf mit Säuren und Alkalien zu behandeln, endlich mit Wasser zu waschen und zu trocknen, eventuell auch zu bleichen.

Wiesner bemerkt zu diesem Verfahren: »Da Stärke und Zucker bei dem Vertorfungsprozeß bald zerstört werden, diese Körper übrigens in den Bastzellen, die die Hauptmasse der Torffaser ausmachen, überhaupt nicht vorkommen, so scheint es wohl zwecklos zu sein, die Torffaser einer alkoholischen Gärung zu unterwerfen. Nach den Untersuchungen von Schatz (623) enthält die Zschörnersche Torffaser nur Spuren von fettartigen Substanzen, so daß auch die Vorbehandlung der Rohfaser mit Entfettungsmitteln unnötig erscheint.«

Viel einfacher ist das Verfahren von Zschörner und Egger-Möllwald. Der Fasertorf wird getrocknet, mechanisch gereinigt und auf der Zschörnerschen Krempel bearbeitet. Es gelingt, die Fasermasse sofort als Faden abzuwickeln. Beide Produkte zeigen gegenüber der »Beraudine« einen bedeutenden Fortschritt.

Trotz der Verschiedenheit der Gewinnungsmethoden sind sich beide Produkte im Aussehen sehr ähnlich. Beide sind braun, die Geigesche Faser neigt ins Graubraune und ist feiner, die Zschörnersche ist hellbraun gefärbt und bedeutend länger fasrig.

Das neuere Verfahren von Jakob Breyvogel (D. R. P. Nr. 300 868) will eine weitgehende Teilung der Torffaser durch abwechselnde Behandlung in heißen und kalten Bädern erzielen.

Die mikroskopische Untersuchung der deutschen und der österreichischen Torffaser ergab, daß diese der Hauptmasse nach von *Eriophorum vaginatum* herrührt. Es scheint daher das von Wollgras gebildete Torfmoor (das »Eriophoretum« der Pflanzengeographen) für die Fasergewinnung am empfehlenswertesten zu sein. In diesem Torfmoor erhalten sich von dem oberirdischen Pflanzenteile die Scheidenteile der Wollgrasblätter am längsten, während die Blattspreiten früh-

zeitig zugrunde gehen. Diese Tatsache findet ihre Erklärung in der von K. Linsbauer (463) gemachten Beobachtung, daß Oberhaut und Gefäßbündel der Scheidenteile verholzt sind und aus diesem Grunde bei der Vertorfung erhalten bleiben, während die korrespondierenden Gewebe der Spreite unverholzt sind und bei der Vertorfung zugrunde gehen.

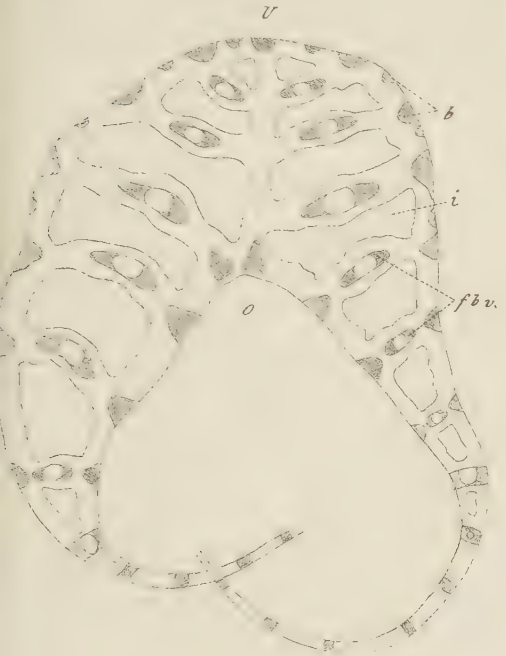


Abb. 124.
Querschnitt durch den Vaginalteil des Blattes von *Eriophorum vaginatum* (schematisch). *O* Ober-, *U* Unterseite des Blattes, *b* Bastbündel, *fbv* Fibrovasalstränge (Gefäßbündel), *i* Interzellularraum. Vergr. 36. (Nach K. Linsbauer.)

Die Hauptmasse der Torffaser besteht aus den Bastteilen der dem Scheiden- oder Vaginalteile angehörenden Blattgefäßbündel von *Eriophorum vaginatum*. Außer den Blatteilen der genannten Gefäßbündel nehmen auch die reichlich unter der Oberhaut auftretenden einfachen, nur aus Bastzellen bestehenden Baststränge an der Faserbildung Anteil.

In feinen Torffasern, wie sie namentlich in der Torfwatte vorliegen, findet man fast nur Bastbündel des Wollgrases. In gröberer Torffaser, in gröberem Gespinst hat K. Linsbauer auch Eriophorum-Wurzeln, Blattoberhautstücke vom Wollgras, Stämmchen von Torfmoosarten (Sphagnum), ferner dünnere Zweige von *Calluna vulgaris* und von *Andromeda polifolia* gefunden. — Die Torffaser hat eine Länge von 2—118, meist von 40 bis

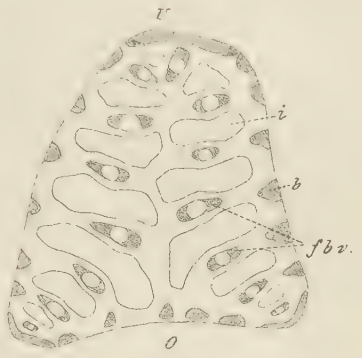


Abb. 125.
Querschnitt durch den oberen Blatteil von *Eriophorum vaginatum*. Bezeichnung wie in Abb. 124. Vergr. 36. (Nach K. Linsbauer.)

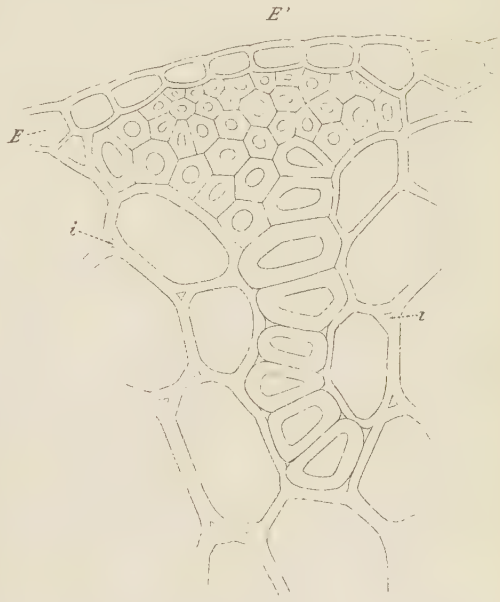


Abb. 126.
Querschnitt durch ein größeres subepidermales Bastbündel von der Unterseite des Blattes von *Eriophorum vaginatum*. *E E'* Epidermis, *i* Interzellulargänge. Das Bastbündel zeigt die Abnahme der Zellenquerschnitte gegen die Epidermis hin. Vergr. 860. (Nach K. Linsbauer.)

60 mm, eine ungefähre Dicke von 10 bis 100 μ, manchmal auch darüber oder darunter. Die »Faser« besteht hauptsächlich aus Bastzellen, doch haften auch Oberhautpartien oder Gefäßreste an. Die Bastzellen erscheinen unter dem Mikroskop gelbbraun und sind nach Ausweis der Phlorogluzinprobe zumeist verholzt. Sehr

bezeichnend für die Torffaser ist es, daß die fast nie fehlenden Oberhautstücke gleichfalls die Verholzungsreaktion zeigen. Über die feineren Details der mikroskopischen Charakteristik der Torffaser siehe Gürcke (Förster) (237) und Linsbauer (463).

Sehr eingehend wurden die physikalischen und technischen Eigenschaften der nach dem Zschörnerschen Verfahren gewonnenen Torffaser von Schatz (623) ermittelt. Aus seinen Bestimmungen sei folgendes hervorgehoben. Das spezifische Gewicht beträgt im Mittel 1,334, die absolute Festigkeit 1,87 kg/mm², die Reißlänge 1,4 km, die Wassermenge im lufttrockenen Zustande 9,49 %, die Aschenmenge 2,04 %. Marschik gibt allerdings die Festigkeit mit durchschnittlich 17,5 kg/mm² und die Reißlänge mit 11,5 km an. Diese ansehnliche Festigkeit wird aber in den Gespinsten und Geweben bei weitem nicht erreicht; die Festigkeit der aus nicht präparierten Fasern gesponnenen Garne ist außerordentlich gering.

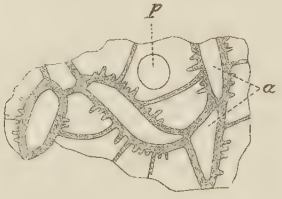


Abb. 127.
Fragment eines Blattes von *Sphagnum imbricatum* aus Schäfferschem Torfpapier (XVIII. Jahrhundert.) *a* Zellen (Assimilationszellen). *p* Pore in der Zellwand. Vergr. 300. (Nach K. Linsbauer.)

Die Torffaser glimmt nur schwer und verbrennt ohne zu flammen, zeigt also geringe Feuergefährlichkeit. Von besonderer Wichtigkeit ist die hohe Absorptionsfähigkeit der Torffaser, welche nicht in den natürlichen Eigenschaften der Bastfaser begründet ist, sich vielmehr erst infolge des Vertorfungsprozesses einstellt und wohl auf eine teilweise Humifizierung der Zellhaut zurückzuführen sein dürfte. Die aseptischen, ja antiseptischen Eigenschaften des Torfs gehen auch auf die Torffaser über, namentlich auf die nach dem Zschörnerschen Verfahren erzeugte, da diese ohne jede chemische Einwirkung auf rein mechanischem Weg abgeschieden wurde.

Die auf mechanischem Weg gewonnene Torffaser ist ziemlich spröd und gibt daher beim Verspinnen ziemlich viel Abfall. Die Sprödigkeit soll sich aber durch eine besondere chemische Behandlung (Glafey (253, S. 138) vermeiden lassen.

Die Torffaser kann für sich versponnen und verwebt werden. Sie wird aber auch mit anderen Fasern (Wolle, Baumwolle usw.) gemengt verarbeitet. Sie wurde im Krieg verwandt zur Herstellung von Teppichen, Läufern, Decken (Pferdedecken), hygienischen Bekleidungsstoffen usw., ferner zu Torfwatte, die als solche sterilisiert oder mit Karbolsäure imprägniert als Verbandstoff diente. Stricke aus Torffaser können als Wärme-Isoliermittel zum Umhüllen von Dampfleitungen, Wasser- und Gasröhren mit Vorteil verwandt werden.

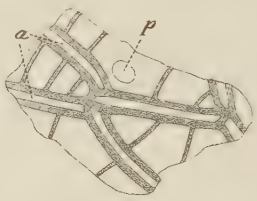


Abb. 128.
Fragment eines Blattes von *Sphagnum* sp. aus einem modernen Torfpapier. *ap* wie in Abb. 127. Vergr. 300. (Nach. K. Linsbauer.)

Über die Anwendung der Torffaser in der Papierfabrikation sei hier noch folgendes angeführt:

Versuche, aus Torf Papier oder Pappe zu erzeugen, reichen ins 18. Jahrhundert zurück. Aber erst in neuerer Zeit ist es gelungen, brauchbare Papiere aus dem Faserstoff herzustellen. Dies sind Fließpapiere, also Papiere, denen jegliche Leimung fehlt. Sie sind, wenn nicht aus gebleichten Fasern bereitet, schon makrochemisch gut charakterisiert und von anderen Papieren leicht zu unterscheiden. Mit konzentrierter Sodalösung gekocht, geben nämlich diese Papiere eine schwarzbraune Lösung, aus der durch Salzsäure Huminsubstanzen in Form eines rotbraunen, flockigen, voluminösen Niederschlags ausfallen. Gebleichte Torfpapiere sind nur mikroskopisch zu erkennen. K. Linsbauer (463) hat bei Untersuchungen der

Zschörner schen Torfpappen gefunden, daß diese hauptsächlich aus den Blättern des Torfmooses (Sphagnum) bestehen, die sich meist in Fragmenten in solchen Pappen leicht nachweisen lassen (Abb. 128). In den nach Zschörners Verfahren hergestellten Papieren fand K. Linsbauer an charakteristischen Bestandteilen Baststränge und Oberhautfragmente von Eriophorum, Fragmente von Sphagnum-Blättern, Gefäßbruchstücke verschiedener Pflanzen, zarte Stengelteilchen von *Calluna vulgaris* (Heidekraut) usw. Die Bastzellen der Eriophorum-Arten herrschen vor. Für die Erkennung der Torfpapiere sind die Blattfragmente von Sphagnum und die verholzten Oberhautzellen von Eriophorum besonders wichtig. In den bis jetzt untersuchten Torfpapieren wurde stets noch Sulfitzellulose (von Fichte usw.) nachgewiesen.

Nach Mitteilungen von P. Krais hat die Torffaser als Spinnstoff nur in der äußersten Fasernot der zentraleuropäischen Länder eine vorübergehende Rolle gespielt. Zur Pappen- oder gar zur Papierfabrikation ist die Torffaser wohl noch weniger geeignet als die Typhafaser, so daß auch auf diesem Gebiet, trotz vieler erteilter Patente und lebhafter Reklame, so gut wie nichts zu erhoffen ist.

f) Papierfasern.

An dieser Stelle sollen vor allem solche Pflanzenfasern, die zur Herstellung von Papier dienen, besprochen werden.

Eine erschöpfende Darstellung der mikroskopischen Untersuchung des Papiers ginge über den Rahmen dieses Werkes hinaus. Diese bildet eine Aufgabe der technischen Mikroskopie, die nicht nur auf den Nachweis der Faser, sondern auch auf den Zustand, in dem die Faser im Papier auftritt, ferner auf die Art der Leimung, Füllung, Färbung usw. des Papiers Bedacht zu nehmen hat. Noch weniger können hier die gewöhnlichen (makroskopischen) Prüfungsmethoden des Papiers (auf Festigkeit, Dauerhaftigkeit, Verhalten gegen natürliche und künstliche Lichtquellen usw.) berücksichtigt werden; dies sind Gegenstände, mit denen sich die mechanische, bzw. chemische Technologie zu befassen hat.

Der historische Teil dieses Abschnitts erfordert es aber, hier auch auf einige Papiermaterialien kurz einzugehen, die nicht eigentliche Pflanzenfasern sind, wie gewisse Rinden oder der Papierstoff des Papyrus der Alten.

Als Papier im heutigen Sinn sind nur solche Beschreibstoffe zu verstehen, die aus mehr oder weniger feinen Fasern zusammengesetzt sind und in der Technologie genauer als »gefilzte Papiere« bezeichnet werden.

Papier in diesem Sinn ist von allen andern, namentlich in früheren Zeiten benutzten Beschreibstoffen (Tierhäuten, Leder, Rinden, Papyrus usw.), leicht zu unterscheiden.

Die Anfänge der Papierbereitung sind mehrfach noch in Dunkel gehüllt. Einige sich klärende einschlägige Tatsachen werden später, im geschichtlichen Teil dieses Abschnittes, erörtert werden.

Der enorme und sich immer noch steigernde Bedarf an Papier — Papier wird bekanntlich auch zur Erzeugung von Garnen (Textilose, Xylolin usw.) benutzt, die besonders während des Krieges in Mitteleuropa viel verwandt wurden — hat längst dahin geführt, nach Ersatzmitteln für das früher ausschließlich in der Papierfabrikation benutzte Rohmaterial, die Hadern oder Lumpen, zu suchen, und so wurden nach und nach die verschiedensten Pflanzenfasern diesem Zwecke dienstbar gemacht. Damit hat man auf Grund selbständiger Entdeckungen dasselbe getan, was zuerst von den Chinesen und Japanern ausgeführt wurde, die seit alter Zeit die Bastfasern des Bambushalmes, des Reisstrohs, der Papiermaulbeerbaumrinde und noch andere fasrige Pflanzenteile zu Papier verarbeiten.

Auch auf diesen Gegenstand kommen wir im historischen Teil noch zurück. Hier sollen nur die in der modernen Papierfabrikation anzuwendenden Pflanzenfasern besprochen werden. Diese sind in erster Linie die Fasern von Stroh, Esparto und Holz.

Daß aus allen Pflanzenfasern Papier erzeugt werden kann, hat eine große Zahl von Versuchen bewiesen. Da die in der Papierbereitung zu verwendenden Fasern keine hohe Festigkeit haben müssen und auch kurze, nur wenige Millimeter lange

Fasern ganz brauchbare Papiere liefern, so ist die Verwendbarkeit der fasrigen Pflanzenstoffe als Papierrohstoffe begreiflicherweise noch ausgedehnter als die Benutzbarkeit zum Spinnen und Weben. Aber nicht jeder Pflanzenstoff, aus dem sich Papier bereiten läßt, eignet sich auch schon zu dessen fabrikmäßiger Darstellung. Das Material, aus dem Papier hergestellt werden soll, muß vor allem in großen Massen billig zu Gebot stehen. Es dürfen ferner der Isolierung der in den Pflanzenorganen mit andern Geweben innig verbundenen Fasern nicht zu große Hindernisse im Weg stehen. Das Rohmaterial muß auch besondere Eigenschaften haben, auf die hier im einzelnen nicht eingegangen werden kann. Beispielsweise muß, wenn es sich um Herstellung von weißen Papieren handelt, die Faser ohne energische Bleichmittel, die die Faser stark mechanisch angreifen, rein weiß zu machen sein. In manchen Fällen fordert man weiche, geschmeidige Fasern, in anderen sehr lange, sich leicht innig bindende Fasern usw.

Durch diese Forderungen wird allerdings das natürliche für die Papierfabrikation verwendbare Pflanzenmaterial stark eingeschränkt; nichtsdestoweniger ist die Zahl der allen diesen Ansprüchen genügenden Rohstoffe des Pflanzenreiches noch immer sehr groß.

Außer den schon genannten wichtigsten Rohmaterialien der Papierfabrikation Stroh, Esparto und Holz, wäre hier noch eine lange Reihe von Pflanzenfasern zu nennen, die in England und Nordamerika in ausgedehntem Maß Verwendung finden oder auf dem Kontinent in einzelnen Fabriken benutzt werden oder in entlegenen Ländern (Indien, China, Japan usw.) in mehr oder weniger großem Maßstab diesem Zwecke dienen, aber, dem großen Weltverkehr entzogen, für uns mehr in den Hintergrund treten. Eine auf Vollständigkeit Anspruch machende Zusammenstellung aller dieser Rohmaterialien würde hier zu weit führen. Man vergleiche diesbezüglich die reichhaltige Liste der Faserpflanzen, die Rohstoffe für die Papierfabrikation liefern, bei Schilling (632, S. 294). (Auch die systematische Übersicht der Faserpflanzen in diesem Werk enthält die wichtigsten Angaben.) Um aber wenigstens einigermaßen anzudeuten, welch relativ große Zahl von Pflanzen für die Zwecke der Papierfabrikation gegenwärtig schon herangezogen wird, und welcher Art diese Pflanzen und ihre faserliefernden Teile sind, mögen folgende Angaben dienen.

Nicht nur das Stroh der Getreidearten und des Espartograses, sondern auch die reifen Halme anderer Gräser werden in der Papierfabrikation verwandt, z. B. ausgepreßtes Zuckerrohr, ferner: *Ampelodesmus tenax, Arundinaria macrosperma* und *tecta, Ischaemum angustifolium, Festuca patula, Zizania aquatica, Panicum miliaceum* (in Frankreich), *Panicum indicum* (= *Hymenachne myurus*) u. v. a. Beispielsweise werden große Quantitäten von aus dem letztgenannten Grase bereitetem Halbzeug aus Venezuela nach den Vereinigten Staaten gesandt.

In neuerer Zeit war viel die Rede von zwei Strohzellulosen, nämlich von der Ullagras-Zellulose und von der Kainggras-Zellulose. Erstere stammt von mehreren *Anthistiria-*(*Themeda-*)Arten, Andropogoneen, die in den wärmeren Ländern der Alten Welt weitverbreitet und zum Teil durch Massenhaftigkeit der Vorkommen ausgezeichnet sind. Die Kainggras-Zellulose wird von *Phragmites karka* Trin. abgeleitet, dem Schilfrohr des indischen Monsungebietes. Nach dem Index Kewensis ist aber *Phragmites karka* mit *Ph. communis,* also mit unserm gemeinen Schilfrohr, identisch. Nach T. F. Hanausek ist das Papier mikroskopisch vom Schilfrohrpapier nicht zu unterscheiden.

Von monokotylen Spinnfasern dienen einige auch in der Papierfabrikation, z. B. Sisal (zu Pappe und Papier), Ixtle, Musafasern und Yuccafasern, hauptsächlich, wie es scheint, *Yucca brevifolia* (Südkarolina, Arizona und nördliches Mexiko). Was die Musafaser anlangt, so wird weniger der teure Manilahanf (von *Musa textilis*) selbst, als Abfall davon und die Bananenfaser (von *Musa paradisiaca*) in der Papierfabrikation benutzt. Bezüglich der Yucca-Faser ist zu bemerken, daß sie zum Zwecke der Papierfabrikation nach England gebracht wird.

Von Bastfasern dikotyler Pflanzen, die nach Aussagen verläß-

licher Quellen (Royle, Dodge, Semler u. a.) in der Papierfabrikation Verwendung finden, seien die folgenden genannt: *Hibiscus cannabinus* und andere Hibiscus-Arten, *Abutilon Bedfordianum* und andere Abutilon-Arten, *Althaea rosea, Daphne cannabina* (Nepal paper plant), *Lagetta lintearia,* neben *Edgeworthia Gardneri* (= *E. papyrifera*) (siehe oben) noch *Wickstroemia canescens, Lecythis ollaria, L. grandiflora, Celmisia coriaria, Broussonetia papyrifera.*

Die Bastfasern von Flachs, Hanf und Jute werden gewöhnlich zu Geweben ausgenutzt und erst dann auf Papier verarbeitet. In neuerer Zeit verwendet man außerdem Abfälle der genannten Faserstoffe, ja selbst die frischen Fasern, z. B. gute Hanfsorten, zur Herstellung von festen dauerhaften Papieren (Wertpapieren) und benutzt die schwer verspinnbaren unteren Enden der Jute in der Papierfabrikation. Die Stengel des Samenflachses könnten auch in der Papierfabrikation verwertet werden. Als Papierrohstoffe wurden auch die Stengel der Baumwollpflanzen vorgeschlagen, doch soll deren voluminöser Charakter dieser Verwertung hinderlich sein (Bull. Imp. 1921, 19, S. 1; Tropenpfl. 1904, S. 459; Pflanzer 1910. S. 228).

Damit ist die Zahl der Papierfaserpflanzen nicht erschöpft. Man wird aber aus der bisher vorgeführten Liste schon entnehmen können, wie schwierig die mikroskopische Papieruntersuchung geworden ist, namentlich, wenn man erwägt, welch weitgehende Zerstörung die Faser bei der Papierfabrikation häufig erfährt.

Die praktisch verwerteten Haare, wie die Baumwolle, Pflanzendunen (Wolle der Wollbäume) und die vegetabilische Seide können natürlich auch zur Papiererzeugung benützt werden. Baumwolle als solche dient allerdings nicht der Papierbereitung, wohl aber Baumwollenlumpen. Die »Virgofasern« (siehe S. 487) wurden auch als Papierrohstoff [wie die nach der Ölpressung übrig bleibenden Samenschalen (hull fibre)] vorgeschlagen [Kränzlin in Pflanzer 1909; Kress und Wells (429)]. Im historischen Teil dieses Abschnittes wird nachgewiesen werden, daß das früher allgemein angenommene »Baumwollenpapier« (charta bombycina) niemals existiert hat. Kapok scheint als Papierrohstoff wegen seiner »Räumigkeit« für Spezialzwecke geeignet zu sein (siehe S. 518). Bezüglich der Verwertung der vegetabilischen Seide in der Papiererzeugung scheinen keine recht befriedigenden Resultate erzielt worden zu sein.

Im nachfolgenden sollen zunächst die wichtigsten Pflanzenstoffe, die zur Herstellung von Papierstoff dienen, behandelt werden, sofern sie nicht schon in früheren Paragraphen (Musafasern, Agavefasern, Espartofasern usw.) zur Sprache gekommen sind. Es sind dies: Stroh-, Holz-, Bambusfaser, die Faser des Papiermaulbeerbaums und die Bastfaser der *Edgeworthia Gardneri* (= *E. papyrifera*). Über die Torffaser als Papierstoff ist schon bei dieser (Nr. 43) gesprochen worden.

44. Strohfaser. Die ältesten aus Stroh verfertigten Papiere dürften wohl die chinesischen sein. Es ist lange bekannt und läßt sich mikroskopisch nachweisen, daß die chinesischen Buntpapiere meist aus Reisstroh angefertigt wurden. Schäffer hat schon im 18. Jahrhundert Papier aus verschiedenen Stroharten, unter anderm aus Maisstroh dargestellt. Gegenwärtig werden sehr zahlreiche Papiersorten teils aus Stroh allein, teils aus einem Gemenge von Hadern und Stroh oder von Hadern, Stroh und Holzzellulose bereitet. Zahlreiche Fabriken in England, Frankreich, Belgien und Deutschland verfertigen Strohpapier, und zwar vorzugsweise aus Roggenstroh. Doch wird, wenn auch mit geringerem Vorteil, Weizen-, Hafer- und Gerstenstroh zu Papier verarbeitet. Aus den Kolbenblättern (Lieschen) des Mais wurden längere Zeit in der Nähe von Wien (Schlöglmühl) ausgezeichnete Schreib-, Zeichen- und Pauspapiere bereitet, die aber jetzt schon ganz aus dem Handel verschwunden sind. Die Fabrikation dieser Maispapiere, von Auer v. Welsbach sen. ins Leben gerufen, wurde dort wieder aufgegeben, angeblich weil der Rohstoff nicht in den Massen zu beschaffen war, die eine rationelle Verarbeitung erforderte. Jetzt werden aber in den Vereinigten Staaten Maislieschenpapiere in großen Mengen erzeugt.

Aus den verschiedenen Stroharten verfertigt man teils Pappen und ganz ordinäre, ungebleichte Papiere von ziemlich

sprödem Charakter, teils Druck- und Schreibpapiere von großer Festigkeit und genügender Weiße.

Die aus Roggen-, Gersten-, Weizen- und Haferstroh angefertigten Papiere bestehen wohl der Hauptmasse nach aus bastartigen Zellen; aber neben diesen kommen doch stets erhebliche Mengen von sehr wohlerhaltenen Oberhautzellen und Bruchstücke von Ring-, Spiral- und Netzgefäßen, aus den Stammgefäßbündeln der genannten Getreidearten herrührend, vor. Aus den Gefäßen herausgefallene Ringe und Spiralfragmente sind in den Strohpapieren keine Seltenheit. Auch große, leere Parenchymzellen sind, besonders in ordinären Sorten, zu finden (siehe Abb. 129).

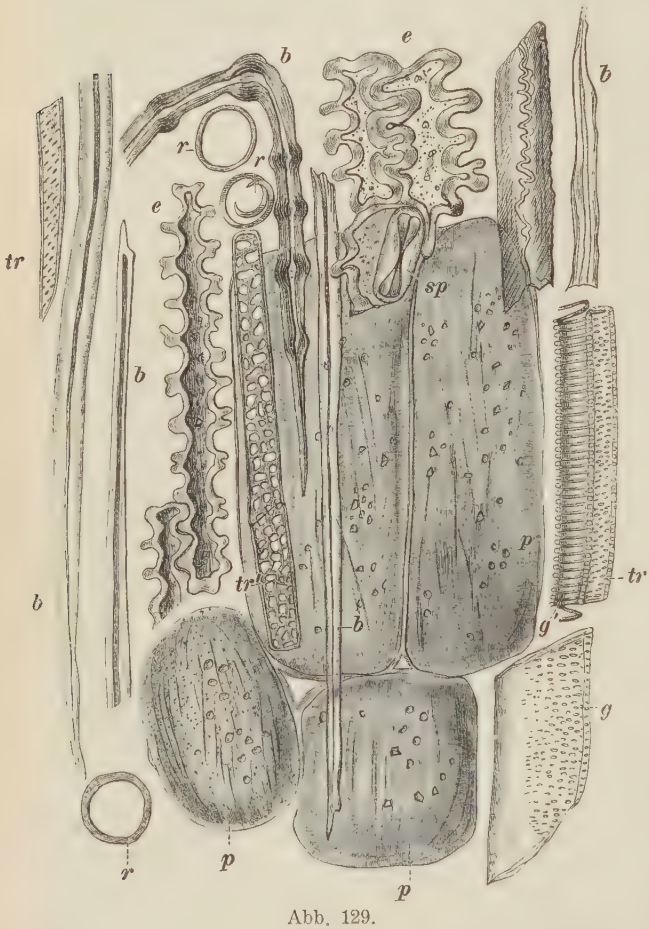


Abb. 129.
Elemente von Strohstoff. *b* Bastzellen (Fragmente), *e* Epidermiszellen mit Spaltöffnungen *sp*, *g* Tüpfelgefäßstück, *g'* Spiralgefäßfragment, *r* aus den Ringgefäßen herausgefallene Ringe, *tr*, *tr'* Tracheiden, *p* Parenchymzellen. Vergr. 500. (Nach T. F. Hanausek.)

Die Bastzellen dieser Stroharten bieten wenig Charakteristisches dar; in den Querschnittsdimensionen stimmen sie untereinander und mit der Bastzelle des Flachses ziemlich überein, von der sie sich jedoch durch eine geringere Wandverdickung unterscheiden. Zur Unterscheidung der Strohfaser von der Leinenfaser sei hier angeführt, daß Kupferoxydammoniak die ungebleichte Strohbastfaser smaragdgrün färbt, ohne sie zu lösen, während die Flachsbastzelle auch im ungebleichten Zustand durch dieses Reagens gebläut und darauf rasch gelöst wird. Die Strohbastfaser ist ziemlich ungleichmäßig in der Dicke und dann sind die Erscheinungen mechanischer Zerstörungen, wie sie an der Papierfaser stets vorkommen, bei der Strohfaser gänzlich verschieden von denen der Flachsbastzelle. Auch ist die Strohbastzelle bedeutend kürzer als die Flachsbastzelle. Nach v. Höhnel (374) kommen an den Bastzellen der zur Papiermasse geformten Strohmasse bzw. des Strohpapiers häufig »Verschiebungen« vor, die sich aber, wie er ausdrücklich hervorhebt, nicht während der Entwicklung der Zellen einstellen, sondern Folgen der mechanischen Angriffe sind, die bei der Zubereitung des Strohstoffes stattfanden.

Die Bastzellen der vier aufgezählten Stroharten stimmen untereinander so nahe überein, daß sich auf deren morphologische Charaktere wenigstens keine sichere Unterscheidung gründen läßt. Nur wäre vielleicht hervorzuheben, daß nach Wiesner die Bastzellen des Haferstrohs manchmal verzweigte Enden aufweisen, was er an den Bastzellen der übrigen Stroharten nicht beobachtet hat. Auch die Gefäße und deren Verdickungen stimmen bei den vier genannten Getreidearten so sehr überein, daß ihr morphologisches Verhalten keine Anhaltspunkte zur Unterscheidung bietet.

Dagegen sollen nach Wiesner die selbst im Papier noch in ganz unverletztem Zustande vorhandenen Oberhautzellen der vier genannten Stroharten so sichere Unterscheidungsmerkmale zeigen, daß die Größen und Formen dieser Zellen zur Erkennung der zur Papierbereitung verwendeten Strohsorten völlig ausreichen [siehe (760), S. 224 ff.]. Für rein praktische Papieruntersuchungen wird allerdings diese Unterscheidung ziemlich bedeutungslos sein und andererseits stellen sich dieser Untersuchung große Schwierigkeiten entgegen.

Zur Erkennung von Strohfaser und Strohzellstoff im allgemeinen sind die Oberhautzellen wahre Leitelemente (siehe S. 406).

Nach Wiesner sollen die Oberhautzellen des Roggen-, Weizen- und Haferstrohs einen ziemlich regelmäßig rechteckigen Hauptumriß zeigen. Die Epidermiszellen des Roggenstrohs soll stark wellenförmig gekrümmte Grenzlinien haben, während denen des Weizenstrohs nach Wiesner geradlinige, dagegen denen des Hafers nur ganz seicht ausgebogene Grenzlinien zukommen sollen. Die Oberhautzellen des Gerstenstrohs sollen rhomboidisch oder trapezoidal konturiert sein. Alle Oberhautzellen der genannten Stroharten sind mit Porenkanälen versehen. In den Oberhautgeweben aller Getreidearten sind noch neben den gewöhnlichen langen Oberhautzellen, deren Maße unten folgen, noch auffallend kleine, relativ stark verkieselte Zellen (Zwerg- oder Kieselzellen) zu bemerken. Diese sind in der Asche der Faser bzw. des Papiers stets leicht nachzuweisen. Die Bedeutung der Oberhautzellen zur Unterscheidung der verschiedenen Strohzellulosen hat aber Wiesner bedeutend überschätzt, da die Oberhautzellen der Stengel ein und derselben Getreidearten in ihrer Form und Größe durchaus nicht so gleichartig sind, wie man das nach Wiesners Angaben annehmen sollte, — an ein und demselben Halm sind sowohl geradlinig begrenzte oder schwach bis stark wellig konturierte Epidermiszellen zu finden, je nachdem man glatte oder gerippte Stellen des Halms untersucht — und weil anderseits auch die Oberhautzellen der Blattscheiden in der Zellulose auftreten, die mit denen des Halmes oft nicht übereinstimmen.

Wiesner gibt folgende Maße an:

	Länge der Oberhautzellen in μ	Breite der Oberhautzellen in μ
Stroh der Gerste .	103—224	12—17
„ des Roggens	86—345	12—16
„ „ Weizens	152—449	18—24
„ „ Hafers .	186—448	12—17

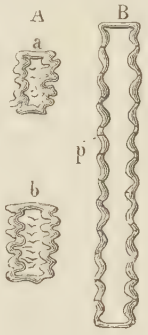


Abb. 130.
A Oberhautzellen (*a*, *b*) vom Espartostroh (Blatt), *B* vom Roggenstroh (Halm), *p* Poren der Zellhaut; nach Behandlung mit Chromsäure, wobei die Zellhäute Schichtung annehmen und die Zellen aus dem Gewebeverband treten. Vergr. 250. (Aus Wiesner, Techn. Mikroskopie.)

Neuere Messungen von K. Mandl haben aber bedeutend weitere Grenzen für die Ausmaße ergeben, wenn man auch die Epidermiszellen der Blattscheiden und Spreiten in Berücksichtigung zieht.

	Länge der Oberhautzellen in μ	Breite der Oberhautzellen in μ
Stroh der Gerste .	66— 440	11—17
„ des Roggens .	33— 340	11—22
„ „ Weizens .	25— 500	10—45
„ „ Hafers .	42—1100	11—38

Die älteren aus Maisfasern bereiteten Papiere wurden aus dem gesamten Maisstroh verfertigt. Die neuen ausgezeichneten Maispapiere werden dagegen nur aus den Kolbenblättern (Lieschen) der Pflanze dargestellt. Die aus diesem Rohmaterial hervorgegangenen Papierhalbzeuge und die fertigen Papiere enthalten die Gefäßbündel der Kolbenblätter in Form feiner Fasern, ferner die untere Oberhaut der Blätter in ziemlicher Menge.

Dieser Teil der Blattoberhaut haftet nämlich dem Gefäßbündel so innig an, daß er sich nur schwer davon trennen läßt. Die übrigen histologischen Bestandteile der Maisliesche (Zellen der oberen Oberhaut, Haare, Parenchymzellen) finden sich im Papier und Papierhalbzeug nur in kleiner Menge oder nur spurenweise vor.

Die Oberhautzellen liegen in der Papiermasse teils vereinzelt, teils in Gruppen, die eine Größe bis zu einem Quadratmillimeter haben. Diese Oberhautzellen sollen

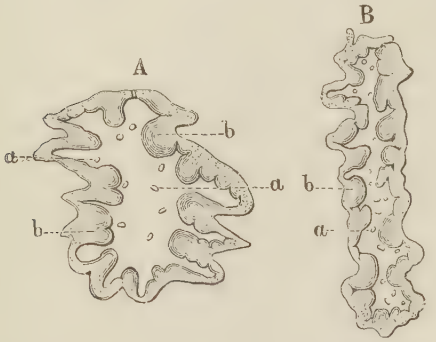


Abb. 131.
Oberhautzellen (*A, B*) von der Unterseite der Maisliesche nach kurzer Einwirkung von Chromsäure. *a Poren, b* Schichtung der Zellhaut. Vergr. 250.
(Aus Wiesner, Techn. Mikroskopie.)

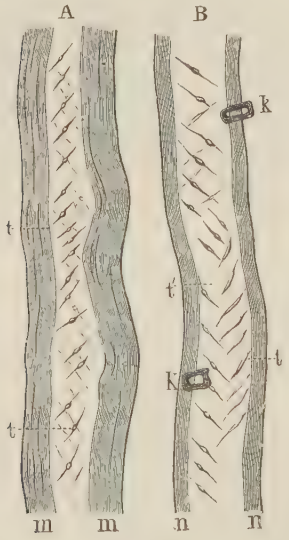


Abb. 132.
Fragmente von Bastzellen aus der Maisliesche nach kurzer Einwirkung von Chromsäure, wobei die Oberhautzellen abgelöst wurden und die Kieselzellen (*k*) an den Bastzellen *B* noch haften bleiben, *t* spaltenförmige Poren. *m n* Zellhaut im optischen Längsdurchschnitt. Vergr. 380. (Aus Wiesner, Techn. Mikroskopie.)

nach Wiesner durch ihre Größe und ihre charakteristischen Verdickungen sehr leicht von den Oberhautzellen der anderen Getreidearten zu unterscheiden sein. Ihre Länge beträgt 108—252, ihre Breite 36 bis 90 μ. Die Bastzellen sind sehr gut erhalten und bilden wohl die Hauptmasse des Papierstoffs. Diese Bastzellen sind nach Wiesner durch ihre große Dicke von den Bastzellen aller übrigen Stroh-

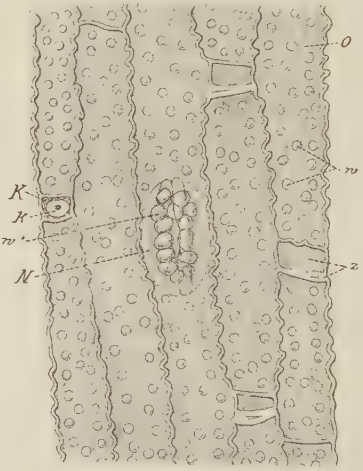


Abb. 133.
Oberhautstück vom Halm der Reispflanze. *o* Oberhautzelle mit Höckern *w* an den Außenseiten. *z* ein Paar von Kieselzellen, von denen die eine stärker verdickte fast lumenlos ist. *K* Kieselzelle mit Kieselkörper *k*. In der Mitte eine Spaltöffnung mit Nebenzellen *N*. *w'* Höcker auf den Außenseiten der Schließzellen. Vergr. 570.

arten und durch ihre charakteristische Struktur von anderen ähnlichen Pflanzenfasern zu unterscheiden. Die Enden der Zellen sind häufig geweihartig gestaltet. Die Dicke dieser Zellen steigt bis 82 μ. Die Dicke der Zellwand ist in der Regel eine für Bastzellen geringe, da das Lumen gewöhnlich zwei Drittel bis vier Fünftel des gesamten Zellendurchmessers mißt. Die Wände dieser Zellen sind in einfachen oder doppelten Reihen von spaltförmigen, spiralig verlaufenden Poren durchzogen. An den im Papierstoff vorkommenden Bastzellen haften häufig noch Reste der Oberhaut, in denen man fast immer gewöhnliche und Kieselzellen antrifft. Behandelt man derartige Fasern mit Chromsäure, so lösen sich die gewöhnlichen Oberhautzellen früher von den Bastzellen ab als die Kieselzellen (Abb. 132 *B*).

Außerdem enthalten die Maispapiere noch Bruchstücke von Netz-, Ring- und Spiralgefäßen.

Die aus Reisstroh verfertigten Papiere und Papierzeuge bestehen, wie die aus anderen Stroharten bereiteten, der Hauptmasse nach aus Bastzellen. Außerdem finden sich aber auch hier nicht unbeträchtliche Mengen sehr wohl erhaltener Oberhautzellen und gut ausgeprägte Bruchstücke von Gefäßen. Auch bei den Reispapieren sind es wieder die Oberhautzellen, die die sichersten Erkennungsmerkmale für das Rohmaterial der Papiermasse abgeben, also wahre Leitelemente darstellen. Übrigens lassen die im Reispapierzeug häufigen zarten Netzgefäße und die schmalen, meist nur 72 μ im Querschnitt haltenden Bastzellen nicht leicht eine Verwechslung mit dem Papierzeug einer anderen Strohart zu. Die Oberhautzellen sind klein, mit warzenförmigen Erhabenheiten versehen, viele von ihnen seitlich plattgedrückt. Die letzteren erscheinen im Mikroskop im Profil auf einer Seite geradlinig oder nur wenig ausgebogen, auf der anderen wellenförmig konturiert. Die flache Seite entspricht dem unteren, die wellenförmige Seite dem oberen Teil der Oberhautzelle. Auch die Schließzellen der Spaltöffnungen sind mit warzenförmigen Erhabenheiten versehen. Reisstroh läßt sich also von unsern Stroharten im Papier sehr leicht und sicher unterscheiden.

Über die Unterscheidung von Padistroh (der abgeschnittene, rispentragende Reishalm) vom Feldstroh (die auf den Feldern zurückgebliebenen Stoppeln) siehe T. F. Hanausek im Papierfabrikant, Fest- u. Aust.-Heft, 1911, S. 35.

Über Hirsestroh siehe Höhnel (374, S. 114) und T. F. Hanausek (Techn. mikrosk. Mitt., in Mitt. Techn. Gew.-Mus. Wien [32] 1905).

45. Holzfasern. Seit den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts wird die Holzpapierfabrikation im Großen betrieben und heute ist Holz für die meisten Länder Europas das wichtigste Rohmaterial zur Papiererzeugung. Nicht alle Holzarten eignen sich in gleicher Weise für diesen Zweck. Weiche, fasrige Hölzer von lichter Farbe sind am tauglichsten. Am häufigsten kommt jetzt Tannen-, Fichten- und Zitterpappelholz zur Anwendung. Doch werden in der europäischen Zellulosefabrikation — von der nordamerikanischen soll hier abgesehen werden — auch noch das Holz der Legföhre *(Pinus pumilio)*, Weißföhre, Schwarzföhre, Lärche, Erle (*Alnus glutinosa*), Esche, Weide (*Salix fragilis* und *caprea*), Rotbuche, Vogelbeere *(Sorbus aucuparia)*,

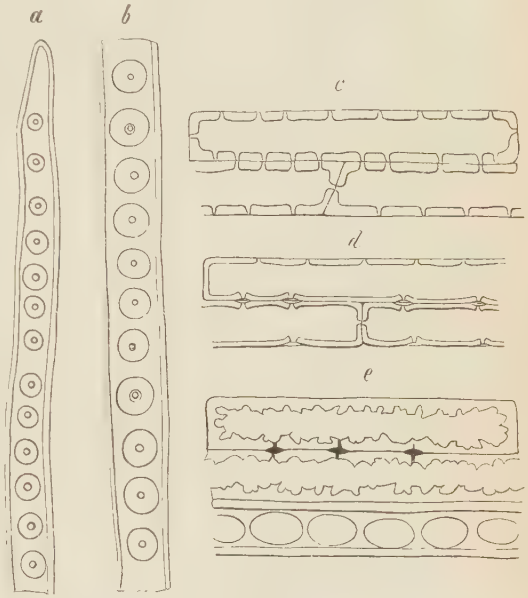


Abb. 134.
Bestandteile von aus Nadelholz bereiteten Papieren. *ab* Bruchstücke von Holzzellen; *c—e* Bruchstücke von Markstrahlen: *c* von der Tanne, *d* von der Fichte, *e* von der Föhre. Vergr. 300.

Birke und Silberpappel (*Populus alba*) verwandt. Auch das zu Zwecken der Gerbstoffgewinnung extrahierte Edelkastanienholz findet in neuerer Zeit in Frankreich Verwendung zur Erzeugung der Holzzellulose.

Aus Holz wird bekanntlich auf zweierlei Art Papierfaser bereitet, entweder durch bloße mechanische Zerkleinerung oder durch chemische Prozesse, indem man das Holz durch Einwirkung bestimmter Stoffe in seine Elementarfasern zerlegt. Im ersten Fall entsteht der »Holzschliff«, im letzteren Falle die »Holzzellulose«.

Holzschliff (Holzstoff) ist vollkommen unverändertes Holz [meist Nadelholz (Fichte, Kiefer, Tanne, Lärche), in geringerem Umfang auch Laubholz (Pappel,

Birke usw.)], nur mechanisch in sehr kleine fasrige Teilchen, in feine Spänchen zerlegt.

Vom Holzschliff unterscheidet man einen weißen und einen braunen. Der weiße Holzschliff wird ausschließlich durch

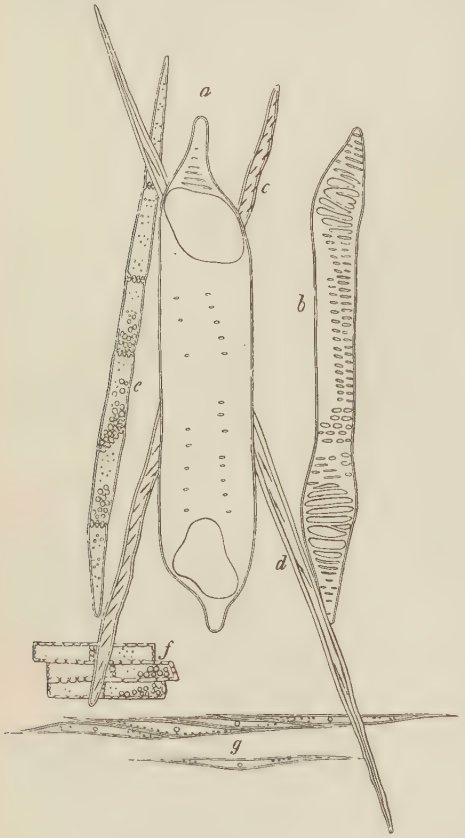


Abb. 135.
Formelemente eines Laubholzes *(Fagus silvatica)*, durch Mazeration isoliert. *a*, *b* Gefäßglieder, *c* Tracheide, *d* Sklerenchymfaser (Libriform), *e* Strangparenchym, *f* Markstrahlzellen, *g* desgleichen aus dem Innern eines breiten Markstrahles. (Nach R. Hartig.)

mechanische Zertrümmerung oder Zerreißung (Schleifen) des Holzes erlangt. Der braune Holzschliff hingegen wird aus dem Holz nach einem Dämpfprozeß gewonnen und besteht aus mehr in ihrem Zusammenhang gelockerten, manchmal sogar etwas von der Holzsubstanz befreiten Elementen, so daß man den Braunschliff als eine Art Zwischenstufe zwischen dem weißen Holzschliff und dem Holzzellstoff betrachten kann.

Holzschliff zeigt begreiflicherweise alle Reaktionen auf Holzsubstanz, z. B. mit Anilinsulfat und mit Phlorogluzin + Salzsäure. In den »Spänchen« wird man nicht nur die Holzfasern (Libriformfasern und Tracheiden bzw. Gefäße), sondern auch andere histologische Elemente des Holzkörpers, z. B. Markstrahlen oder Holzparenchym auffinden. Es wird hier besonders leicht zu entscheiden sein, ob ein Nadel- oder ein Laubholz zur Erzeugung des Holzschliffes diente. Da bisher nur eine kleine Zahl gemeiner Laub- und Nadelhölzer der Papierfabrikation diente, so machte es keine Schwierigkeiten, auf Grund der charakteristischen mikroskopischen Eigentümlichkeiten der Holzarten (siehe Abschnitt Hölzer; siehe auch Abb. 134 und 135) festzustellen, aus welchem Rohmaterial der »Holzschliff« bereitet wurde. Da aber die Zahl der zur Bereitung des Holzschliffs gebrauchten Holzarten immer mehr zunimmt, steigern sich begreiflicherweise die Schwierigkeiten, die betreffende Baumart mit Sicherheit zu ermitteln.

Die »Holzzellulose« hat einen ganz anderen Charakter wie der Holzschliff. In ihr erscheint die Holzfaser isoliert, sie ist nämlich aus dem Gewebeverband durch bestimmte Mittel herausgelöst worden. Bei diesem Mazerationsprozeß wurde aus der Zellhaut der Faser alles ausgezogen, was nicht Zellulose ist. Es bleibt also nur Zellulose zurück und deshalb ist der für diesen »Papierstoff« gewählte Ausdruck Holzzellulose (Holzzellstoff) oder kurzweg Zellulose berechtigt. Selbstverständlich handelt es sich bei der Papierfabrikation nur um nahezu reine, nicht absolut chemisch reine Zellulose.

Diese »Holzzellulose« (je nach dem besonderen Mazerationsverfahren als Sulfitzellulose, Natronzellulose usw. bezeichnet) gibt also keine jener Reaktionen, die als Holzstoffreaktionen bekannt sind. Aber auch der Nachweis der Holzart, aus der sie bereitet wurde, ist wegen der Mazeration erschwert, und noch mehr dadurch, daß durch die Waschung der mazerierten Masse die nicht fibrösen Elemente, z. B. Markstrahlen, aus dem Holzstoff mehr oder weniger vollständig entfernt wurden oder mindestens ziemlich weitgehende Formänderungen erfahren haben. Da die Nadelhölzer gerade durch die Markstrahlen sich leicht unterscheiden lassen, ist

ersichtlich, daß in der Holzzellulose diese Unterscheidung schwierig, manchmal gar nicht mehr durchführbar ist.

Aber es bleiben die Tracheiden mit ihren charakteristischen Tüpfeln nach der Mazeration des Holzes zurück, und so wird der Nachweis, daß ein Holzschliff aus einem Nadelholz erzeugt wurde, stets zu erbringen sein. Doch wird man in den Holzzellulosen die Tüpfel der Tracheiden niemals so deutlich sehen wie im Holzschliff. Nach v. Höhnel (374) sind sie leichter zu finden, wenn man die zu unterscheidende Faser mit Chlorzinkjod färbt. Da die Laubhölzer von fibrösen Elementen außer Tracheiden noch Libriformfasern und Gefäße enthalten und alle diese Elemente im Papierstoff erscheinen, so wird man rasch und sicher durch das Mikroskop konstatieren können, ob eine Holzzellulose aus Nadel- oder Laubholz bereitet wurde. Zu entscheiden, welcher Art das Laubholz war, das zur Gewinnung der Holzzellulose diente, wird meist einige Schwierigkeiten bereiten und in manchen Fällen kaum durchführbar erscheinen. Man wird zur Bestimmung der Holzart jene Charaktere heranzuziehen haben, die im Abschnitt Hölzer angegeben sind. Doch ist selbstverständlich bei der Untersuchung von Holzzellulose und dem daraus erzeugten Papier auch Rücksicht auf die Eigentümlichkeiten zu nehmen, welche die mazerierten Fasern darbieten.

Über die Mikroskopie der Holzzellulosen siehe v. Höhnel (377, 374), Herzberg (327), A. Herzog (334). Weiteres über die Mikroskopie nachstehender Holzzellulosen: *Butea*, Himalajapappel (*Populus ciliata* Wall.), indische Weide (*Salix tetrasperma* Roxb.), Edelkastanie (*Castanea vesca*), Tulpenbaum (*Liriodendron tulipifera*), *Trewia nudiflora*, Wollbaum (*Bombax malabaricum*), Cottongum (*Nyssa uniflora*), Oregon-Erle (*Alnus rubra*), Nachenbirke (*Betula papyrifera*), Sykomore (*Platanus occidentalis*), amerikanische Rotbuche (*Fagus atropunicea*), Rotahorn (*Acer rubrum*), *Albizzia moluccana*, Himalajafichte (*Picea morinda*), Tränenkiefer (*Pinus excelsa*), Langnadelkiefer (*Pinus longifolia*), Virginische Sumpfzypresse (*Taxodium distichum*), Weiß-Zeder (*Libocedrus decurrens*), siehe T. F. Hanausek, Der Papierfabrikant, 1910—1914.

Über die Unterscheidung von Natron- und Sulfitzellstoff siehe Klemm in Wochenblatt f. Papierfabrikation 1917, S. 2159 und A. Herzog in Mittl. Forschungsinst. Sorau, I, Nr. 3, 1919, S. 6.

An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, daß während des Weltkrieges Zellstoffgarne vielfach verwendet wurden, die entweder aus geschnittenen Papierstreifen gewonnen (Rundgarne, Flachgarne) oder aus einem Zwischenstadium der Papiererzeugung stammenden, nicht geschnittenen Papier durch Zusammendrehen erhalten (Zellulon) oder unmittelbar aus Zellstoff mit anderen Fasern durch Verspinnen (Neogarne) hergestellt wurden. Aus geschnittenen Papierstreifen erzeugte, gedrehte Garne (Rundgarne) waren ohne Vließauflage als Sylvalin, Xylolin usw. mit Vließauflage als Textilose und mit anderen Fasern als Textilit im Handel.

46. Bastfaser des Papiermaulbeerbaumes. Der Bast des Papiermaulbeerbaums (*Broussonetia papyrifera*) zeichnet sich durch ein dichtes Gefüge aus und läßt sich in großen, weißen, biegsamen Stücken ablösen, die in einigen Tropenländern als Bekleidungsstoff verwandt werden; er läßt sich auch leicht in lange, feine und feste Fasern zerlegen, die in großem Maßstab und seit alter Zeit in Japan, aber auch in China in der Papierbereitung Anwendung finden. Die japanischen Papiere sind auch Gegenstand des europäischen Handels und werden bei uns zu verschiedenen Zwecken benutzt (z. B. Seidenpapiere, feinste Kopierpapiere). Sie zeichnen sich durch ihre besondere Langfasrigkeit, durch ihr dichtes und dabei dennoch fasriges Gefüge, ferner durch ihre gewebeartige Biegsamkeit aus, weshalb sie in Japan unter anderm bekanntlich auch als Taschentücher benutzt werden. Diese vorzüglichen Eigenschaften verdankt das japanische Papier den es zusammensetzenden außerordentlich langen Fasern. Während in unseren Papieren die Faser nur eine Länge von mehreren Millimetern hat, erreicht die Faser des japanischen Papiers eine Länge von 1 bis 2 cm und manchmal sogar mehr.

Der Bast der *Broussonetia papyrifera* hat eine Dicke bis zu 2 mm. Die Markstrahlen sind nach Wiesner erst mikroskopisch wahrnehmbar und dies gibt dem Bast für das freie Auge sein dichtes und homogenes Gefüge, doch scheint durch eine zweckentsprechende Aufbereitung der Bast stark aufgelockert zu werden.

Der Bast ist überaus reich an Bastzellen, er führt aber außerdem ein kleinzelliges Markstrahlengewebe und ein ebenfalls aus kleinen Zellen bestehendes, in tangentialen Reihen angeordnetes parenchymatisches Gewebe. Diese beiden Gewebearten sind am trockenen Baste nur schwer kenntlich.

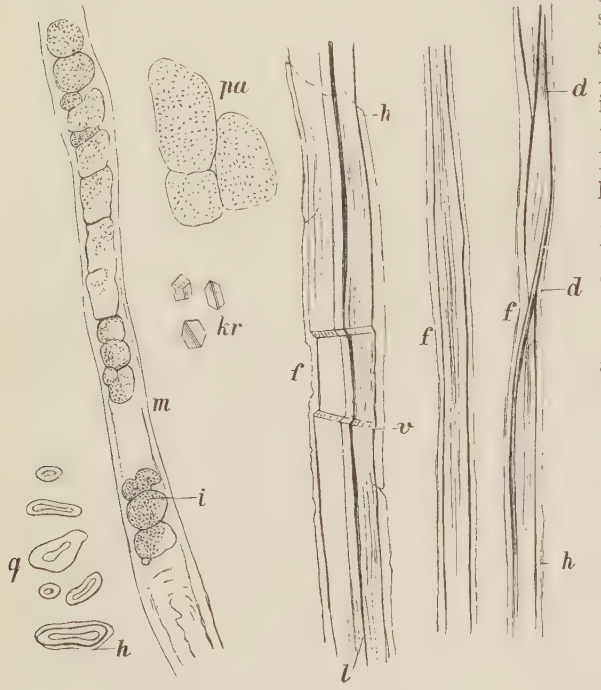


Abb. 136.
Papierfaserstoffe von *Broussonetia papyrifera*. *q* Querschnitte der Bastzellen, *h* Hüllmembran (primäre Membran) am Querschnitt. *ff* Bastzellenfragmente mit Hülle *h*, Verschiebungen *v*, Lumen *l* und Drehungsstelle *d*. *m* Milchröhre mit koaguliertem Inhalt *i*, *pa* Bastparenchym, *kr* Kalziumoxalatkristalle. Vergr. 340.
(Nach v. Höhnel.)

Die Bastzellen erreichen nach Wiesner eine Länge von 7—21 mm; v. Höhnel findet sie meist 6—15, doch bis 25 mm lang. Ihre maximale Dicke steigt bis auf 36 μ. Sie sind häufig stark verdickt, manchmal so stark wie Leinenbastzellen, erscheinen auf dem Querschnitt deutlich und reichlich geschichtet und sind fast stets abgeplattet, manchmal sehr stark, so daß die Dicke der Zelle sich zur Breite wie 1 : 3, ja sogar auch darüber, verhält. Die Enden dieser dickwandigen Zellen sind zugespitzt, seltener abgerundet. Nach v. Höhnel sind an vielen dieser Zellen »Verschiebungen« zu sehen und die äußeren Zellhautschichten haften dem übrigen Körper der Zelle nur lose an, so daß dieser in einer häufig gefalteten Scheide zu stecken scheint (Abb. 136). Diese Scheide oder Hülle wird bei isolierten Fasern durch die primäre Membran gebildet, in der dann lose die sekundäre Membran (Knorpelschicht der Fasern von Moraceen, Artocarpeen, Leguminosen), die im Querschnitt deutlich geschichtet erscheint, steckt. Andere Bastzellen sind bei sehr starker Abplattung verhältnismäßig dünnwandig, etwa wie Baumwollfaser, und dann häufig wie diese bandartig gedreht. Die Enden dieser relativ dünnwandigen Bastzellen sind breit und abgerundet. Solche Zellen wenden, so wie sie im Mikroskop erscheinen, im starken Wechsel die Schmal- und Breitseite dem Beobachter zu. Die Bastzellen sind gar nicht verholzt; durch Jod und Schwefelsäure werden sie blau gefärbt und durch Kupferoxydammoniak in Lösung gebracht.

Die primäre Membran zeigt nach Reimers (569, S. 222) kleine, zarte, kurzelliptische Poren in linksschiefen Spiralen, die sekundäre Membran weist schwer aufzufindende, lang-spaltenförmige Poren auf.

Das Markstrahlengewebe ist reich an Kalziumoxalat, das etwa 21—30 μ lange, dicke, schief prismatische Kristallformen bildet. Als Begleiter der Bastzellen treten kristallführende Bastparenchymzellen auf. Die japanischen Papiere bestehen der Hauptmasse nach aus Bastzellen, nebenher führen sie auch Parenchymzellen (Markstrahlen- und Bastparenchymzellen; siehe Abb. 136). In der Asche finden sich in Kalk umgewandelte Metamorphosen der Kalziumoxalatkristalle vor. Nach T. F. Hanausek treten neben den genannten Elementen auch aus der Rinde der *Broussonetia* stammende Milchsaftschläuche in den japanischen Papieren auf.

Die Bastzellen von *Broussonetia Kasinoki* (japanisch Kozo), die auch seit

langer Zeit zur Papiererzeugung in Japan verwandt werden, lassen sich nach Saito (610, S. 423) von denen von *B. papyrifera* schwer unterscheiden.

47. Edgeworthia-Faser. Die Bastfaser der japanischen Thymelaeacee *Edgeworthia Gardneri* Meisn. (= *E. chrysantha* = *E. papyrifera*), in Japan Mitsumata genannt, wird gegenwärtig, wie schon seit alter Zeit (siehe unten: »Geschichtliches«) dort in großem Maßstabe zur Papierfabrikation verwandt. Die vorzüglichen Qualitäten des Mitsumatapapiers sind Veranlassung für Versuche gewesen, die Mitsumata anderweitig anzupflanzen (z. B. im ehemaligen Deutsch-Ostafrika, nach Zimmermann, Der Pflanzer, II, 1906, S. 168). Das Mitsumatapapier unterscheidet sich äußerlich nur wenig von dem japanischen Broussonetiapapier; es ist in der gleichen Weise wie dieses bereitet und wie dieses im Vergleich zu unsern gewöhnlichen europäischen Papieren sehr langfasrig. Mikroskopisch ist es mit Leichtigkeit von dem Broussonetiapapier wegen der ganz eigenartig gestalteten und gebauten Bastzellen der Stammpflanze zu unterscheiden.

Die Bastzellen haben nach A. Jenčič (395) eine Länge von 2,9—4,5 mm und einen Durchmesser von 3,75—18,75 μ. Selbst ein und dieselbe Faser zeigt große Verschiedenheit in der Dicke und oft einen sehr raschen Wechsel in diesen Dimensionen, was sich besonders an den Enden der Bastzellen zu erkennen gibt, die nur selten zugespitzt, öfters abgestutzt, meist keulenförmig angeschwollen sind. Ein- und Ausbuchtungen, häufig nur nach einer Seite hin ausgebildet, sind etwas Gewöhnliches. Durch diese Unregelmäßigkeit der äußeren Kontur gewinnen die Bastzellen der *Edgeworthia Gardneri* ein höchst charakteristisches Aussehen, das aber noch dadurch gesteigert wird, daß auch ihr Lumen im Längsverlauf sehr verschieden gestaltet ist; häufig ungemein weit, verschmälert es sich oft ganz plötzlich oder verschwindet stellenweise auch vollständig. Selbstverständlich beruht die Form des Lumens auf der Ausbildungsweise der Verdickungsmasse der Zellwand, die häufig sehr unregelmäßig gestaltet ist und förmlich »innere Vorsprungsbildungen« darbietet. Das Lumen bricht im Längsverlauf der Zelle oft mehrmals plötzlich ab, so daß diese gefächert erscheint. Manchmal sind die Bastzellen auch verzweigt (Abb. 137). Diese merkwürdig gestalteten Bastzellen kommen auch bei *Wickstroemia (Wickstroemia Sikokiana* liefert einen für sehr dünne Papiere [Kopierpapiere] sehr geeigneten Rohstoff, ist aber nicht leicht zu kultivieren) und anderen Thymelaeaceen vor. Man muß bei der genauen mikroskopischen Prüfung des Papiers auch auf die nebenher auftretenden histologischen Bestandteile und auf die Dimensionen der Zellen achten.

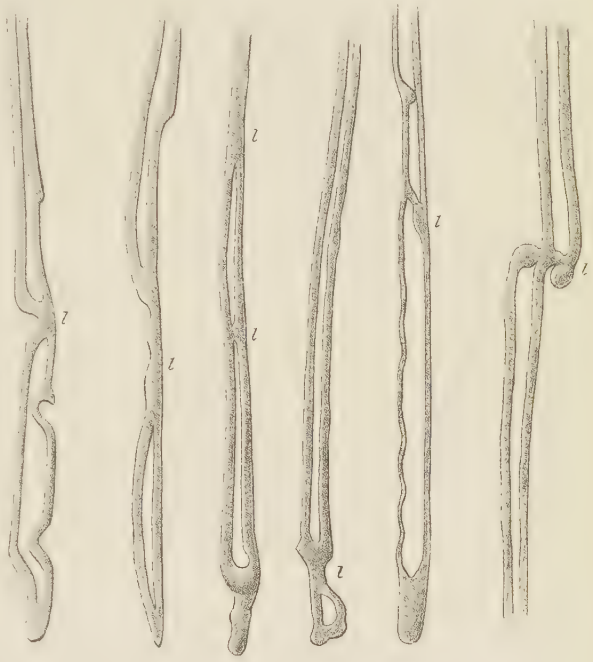


Abb. 137.
Enden und Bruchstücke von Bastzellen der *Edgeworthia Gardneri*. *l* Stellen, wo das Lumen verschwunden ist. Vergr. 350.

Bei aufmerksamer Betrachtung kann es nicht entgehen, daß ein Teil der Bastzellen durchschnittlich dünnwandig, ein Teil dagegen dickwandig ist. Nur an diesen dickwandigen Zellen verschwindet stellenweise das Lumen. Die ersteren sind jüngere in der Nähe des Kambiums ge-

bildete, die letzteren ältere im natürlichen Bast nach außen gekehrte Bastzellen.

Im Querschnitt erscheinen die Zellen abgerundet-polygonal, nicht selten tiefbuchtig oder eingefaltet. Die Außenhaut (Mittellamelle + primärer Membran) der Zelle ist mächtig entwickelt und hebt sich scharf von den übrigen Zellhautschichten ab. Sie löst sich nicht selten von diesen

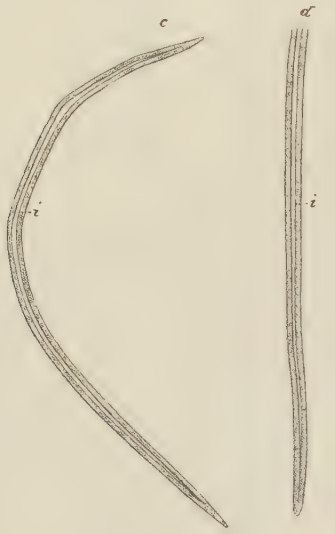


Abb. 138.
Porenfreie Bastzellen und Bruchstücke solcher Bastzellen von *Bambusa arundinacea*. *i* Innenschlauch. Vergr. 160.

ab. Die Mächtigkeit der Außenhaut erinnert an die Sunnfaser, die ja auch sehr stark entwickelte Außenhäute besitzt. Während aber diese relativ stark verholzt sind, zeigen jene schwache Verholzung oder zuweilen die Zellulosereaktion. Die Bastzellen der *Edgeworthia Gardneri* werden durch Jod und Schwefelsäure meist gelb, seltener blau gefärbt. Durch Kupferoxydammoniak wird die *Edgeworthia*-Faser aufgelöst unter Bildung von kugelförmigen Auftreibungen (Perlschnurform), ähnlich wie bei der Baumwolle [Herzog (334), Photogr. 23].

Die Membranen sind geschichtet. Auf Zusatz von Chromsäure tritt die Schichtung noch deutlicher hervor. Poren sind in der Zellhaut nur selten anzutreffen.

In den Mitsumatapapieren findet man neben den Bastzellen auch noch Markstrahlen- und Bastparenchymzellen und Kristalldrusen von Kalziumoxalat.

Die *Edgeworthia*-Faser wird auch zur Verfälschung des feinen *Wickstroemia*-Papiers verwandt, welche Beimischung im Aschenbild des Papiers sich durch das Vorhandensein von Kristallen bemerkbar machen soll. [Siehe Ohara (535 b), S. 160]. Heutzutage wird in Japan viel Manilahanf für die Papierfabrikation verwandt.

48. Bambuspapiere. In China werden seit alter Zeit Papiere aus den Stengelgliedern des Bambusrohres dargestellt. Gegenwärtig gehört das Bambusrohr zu den wichtigsten in China benutzten Papier-Rohmaterialien. Alle Arten von histologischen Elementen, die in den Internodien des Bambusrohres enthalten sind, gehen in das Papier über und sind darin in relativ wohlerhaltenem Zustande zu finden, da sie nach einem Mazerationsverfahren und nicht durch bloße mechanische Zerkleinerung abgeschieden werden. Selbstverständlich kommen diese histologischen Elemente im Papier in anderen Mischungsverhältnissen vor als im natürlichen Stamm der Pflanze.

Die Internodien des Bambusrohres (*Bambusa arundinacea*) — es werden auch andere Arten von *Bambusa* zur Papierbereitung verwandt, die sich aber als Zellulosen schwer voneinander unterscheiden lassen (Hanausek in Papierfabrikant, 1912, Heft 46) — sind nach Wiesner von einer Oberhaut (Abb. 140) umschlossen, die ein Grundgewebe umgibt, das teils aus dünnwandigen, teils aus dickwandigen, porös verdickten Elementen besteht. Im Grundgewebe liegen in geringer Menge einfache Bastbündel, dagegen zahlreiche Gefäßbündel mit reich entwickelten Bastbelegen. Diese Bastgewebe bilden die Hauptmasse des Papierstoffes. Nebenher treten Oberhautstücke, Gefäßfragmente und derbwandige, selten Fragmente von dünnwandigen Grundgewebszellen auf. Alle diese neben den Bastzellen vorkommenden histologischen Bestandteile, besonders Oberhautstücke, haben diagnostischen Wert.

Von Wichtigkeit sind, wie schon bemerkt, bei der Untersuchung der Bambuspapiere die Bastzellen, die stets die Hauptmasse des Fasermaterials bilden.

In den Bambuspapieren kann man zunächst zweierlei Arten von Bastzellen

unterscheiden: zylindrisch zugespitzte und breite, bandförmige, häufig wie Baumwollhaare gedrehte Faserzellen. Die zylindrisch geformten sind teils dünn-, teils dickwandig, zum Teil kurz (bis 1,6 mm), zum Teil lang (bis 4,5 mm nach Hanausek). Näheres über diese Fasern siehe T. F. Hanausek in Papierfabrikant, Fest- und Aus-

Abb. 139.
Bastzellen wie in Abb. 138, aber nach Behandlung mit Quellungsmitteln, wobei die Zellen sich verkürzen und der Innenschlauch sich hin und her windet. Vergr. 160.

landsheft 1911, S. 31, welcher Mikroskopiker auch noch eine dritte Art von Fasern unterscheidet.

Nach Wiesners Beobachtung haben die dicken Bastzellen die Eigentümlichkeit, sich durch Quellungsmittel zu verkürzen, wobei der Innenschlauch sich schlangenförmig hin und her windet (Abb. 139). Die Bastzellen sind verholzt und auch noch im Papier läßt sich die Verholzung nachweisen. Bemerkenswert ist, daß die Bastfasern auch nach Behandlung mit Schulzescher Mazerationsflüssigkeit unter Aufquellung der Verdickungsschichten den Innenschlauch als einen schlangenförmig gewundenen Schlauch hervortreten lassen (Abb. 139).

Zur Erkennung der Bambuspapiere kann mit Vorteil auch die Oberhaut herangezogen werden, die stets in Form von kleinen schuppenförmigen Fragmenten in den Bambuspapieren anzutreffen ist. In diesen Fragmenten erscheinen die histologischen Elemente in sehr guterhaltenem Zustande. Die Charaktere der Oberhaut sind der Abb. 140 und der zugehörigen Erklärung zu entnehmen.

Die dünnwandigen Grundgewebszellen des Bambusstammes finden sich nur spär-

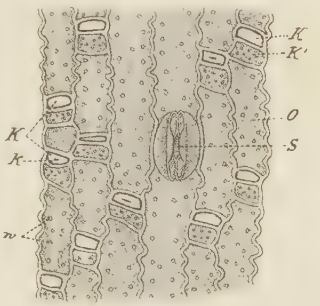


Abb. 140.
Oberhaut vom jugendlichen, nämlich noch wachsenden Stamme der *Bambusa arundinacea*. *O* Oberhautzelle, deren nach außen gewendete Wände mit Poren (*w*) versehen sind. *S* Spaltöffnung mit Nebenzellen. *K K'* Zwergzellen. Jedes Paar der Zwergzellen besteht aus einem inhaltlosen (*K'*) und einer mit einem Kieselkörper versehenen Kieselzelle (*K*). Der Kieselkörper ist entweder solid oder besitzt einen schmalen Hohlraum. Vergr. 330.

lich und in stark demoliertem Zustand im Papier wieder. Besser sind die dickwandigen Elemente des Grundgewebes erhalten. Näheres bei T. F. Hanausek (295).

III. Anhang.

49. Araliamark (sog. chinesisches Reispapier). Das sog. chinesische Reispapier (papier de riz, rice-paper), das in Europa sehr lange bekannt ist, wird aus dem Mark von *Tetrapanax papyrifer* K. Koch (= *Fatsia papyrifera* Miq. – *Aralia papyrifera* Hook.) geschnitten, welche Pflanze auf Formosa wild wächst und in China, dort Tung tsaou genannt, kultiviert wird. Um dem Markpapier eine möglichst große Oberfläche zu geben, wird aus dem Mark der Länge nach das Papierblatt nahezu tangential geschnitten, in der Weise, daß jeder horizontale Durchschnitt der Richtung einer Spirale folgt. Die so geschnittenen Markblätter erreichen eine Oberfläche von 200 bis 350 qcm und erscheinen sehr homogen. Kleine, ebenfalls der Länge nach, aber

radial aus dem Mark geschnittene Papierstücke erscheinen breit gestreift. Solche Stücke haben eine quadratische Fläche von etwa 100 cm², selten mehr. Nicht nur diese, sondern auch die großen Papierblätter bilden immer nur ein zusammenhängendes natürliches Markstück

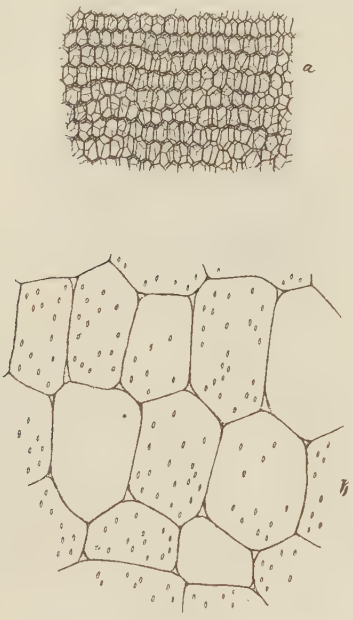


Abb. 141.
Flächenansicht des sog. chinesischen Reispapiers (Mark von *Tetrapanax papyrifer* [=*Aralia papyrifera*]). Diese Flächenansicht entspricht dem tangentialen Längsschnitt. *a* Vergr. 25, *b* Vergr. 90, porös verdickte Parenchymzellen. Zwischen den Zellen die im Durchschnitt dreiseitig erscheinenden Interzellulargänge.

und sind niemals aus mehreren kleinen Stücken zusammengesetzt. Der streifige Charakter der radial geschnittenen Blätter hat also nicht, wie mehrfach behauptet wurde, seinen Grund in einer Zusammenfügung kleiner Markstreifen, sondern ist im geschichteten Bau des Araliamarkes begründet.

Das chinesische Markpapier hat eine schneeweiße Farbe und ein zartes gewebeartiges Gefüge, das bei Betrachtung im durchfallenden Licht deutlich hervortritt. Es ist also im wesentlichen ein unverändertes Naturprodukt und kann seiner Eigenschaften wegen am besten mit feingeschnittenem Hollundermark verglichen werden. Die Dicke der Stücke beträgt 250—300 μ.

Mikroskopisches Verhalten (Abb. 141). Mit der Lupe erkennt man sofort den zelligen Bau dieser Markpapiere (Abb. 141 *a*). Im Gewebeverband sind die Zellen voneinander durch zarte, im Durchschnitt dreiseitige Luftgänge geschieden (Abb. 141 *b*). Im Mikroskop erscheinen die Zellen (polyedrische Parenchymzellen) mit großer Schärfe, wenn man vorher durch Alkohol die Luft verdrängt hat. Alle Zellen erscheinen nun etwas in die Länge gestreckt, ein Zeichen, daß diese Sorte chinesischer Papiere stets der Länge nach durchschnittene Markplatten darstellt. Die Zellen zeigen einen sechsseitigen Umriß. Ihre Länge beträgt 135—180, meist 150, ihre Breite 54—92, meist etwa 60 μ. Die Zellwand hat eine Dicke von etwa 1,5—2 μ. An den Zonengrenzen der aus radial durchschnittenem Mark bestehenden Papiere sind die Zellen stark tangential abgeplattet und nicht stärker als an anderen Stellen verdickt. In den Zellwänden, besonders deutlich an den Zellen der Zonengrenzen, erscheinen kleine, etwa 3 μ breite Poren. Manche Zellen enthalten Kristallaggregate von Kalziumoxalat.

Das Araliamarkpapier dient in China als Malgrund für Guaschbilder, bei uns zur Erzeugung künstlicher Blumen, auch in der graphischen Technik und zum Einwickeln verschiedener Gegenstände.

Nach Miquel (502, S. 749) soll auch das Mark von zwei anderen indischen Araliaceen (*Trevesia sundaica* und *T. moluccana*) ähnlich wie das von *Tetrapanax papyrifer* verwandt werden können.

50. Geschichtliches über das Papier.

Dem Zwecke dieses Werkes entsprechend sollen hier nur in Kürze die im Laufe der Zeiten bei den Kulturvölkern zum Papier bereits in Gebrauch gekommenen rohen Pflanzenstoffe und die wichtigsten Kennzeichen der alten Papiere, natürlich nur im Sinne unserer Rohstofflehre, vorgeführt werden.

Aber selbst innerhalb der hier so eng gezogenen Grenzen stößt man auf große Lücken in unseren Kenntnissen, da die materielle Untersuchung alter Papiere trotz ihrer Wichtigkeit für die paläographische und kulturhistorische For-

schung sich noch vielfach in ihren Anfängen befindet.

Die Fortschritte des Schrifttums forderten den Ersatz der alten Beschreibstoffe: Tierhäute, Leder, Pergamente, Holztafeln usw. durch zweckmäßigere Materialien. Man suchte frühzeitig nach dünneren, flächenartigen (blattartigen) Beschreibstoffen und hat diese zunächst in den Blättern verschiedener, wohl durchweg monokotyler Pflanzen gefunden. Dem gefilzten chinesischen Papier ist das Blatt des Bambusrohres vorangegangen, auf dem mit glühenden Nadeln geschrieben wurde. In Indien sind Palmblätter seit alter Zeit als Beschreibstoffe im Gebrauch. Sehr eingehende Untersuchungen über die Verwendung des Palmblattes als Beschreibstoff in Indien wurden vom paläographischen Standpunkt aus von A. F. R. Hoernle (380) (Oxford) angestellt. Die ältesten von ihm geprüften indischen Palmblattmanuskripte stammen aus dem Jahre 450 n. Chr. und reichen bis 1815. Bis in die Mitte des 16. Jahrhunderts wurden nach Hoernle in Indien fast ausschließlich die Blätter der Talipotpalme (*Corypha umbraculifera*) als Beschreibstoff verwandt. In einzelnen Teilen Indiens (z. B. Bengalen) wurden von da an auch die Blätter der Palmyrapalme (*Borassus flabelliformis*) benutzt und dieser Beschreibstoff findet sich auch in indischen Manuskripten aus älterer und neuerer Zeit. (Die ältesten stammen nach Hoernle aus den Jahren 1550 und 1587.) Auch heute wird das Palmblatt noch in Indien als Beschreibstoff benutzt, hierzu dient in erster Linie das Blatt der Corypha.

J. Wiesner brachte aus Kandy (Ceylon) Palmblattmanuskripte (Nachahmungen alter singhalischer Schriften) mit, die dort auf den Straßen feilgeboten wurden. Doch soll jetzt noch auf Ceylon für den täglichen Verkehr auf Palmblätter geschrieben werden. Die von Wiesner aus Ceylon mitgebrachten Palmblatt-Manuskripte rühren durchweg von Corypha her. Nach Hoernle (Brief vom 4. Mai 1901) wird in den »Lower Provinces« Indiens (Bengal, Bihar und Orissa) in den Elementarschulen für Eingeborene und zum gewöhnlichen Tagesgebrauch oft noch auf Palmblätter geschrieben. In den Städten, besonders in Bengalen, hat sich aber der Gebrauch des Papiers eingebürgert.

Nach Mitteilungen von Hoernle (Juni 1901) werden die Blätter dieser

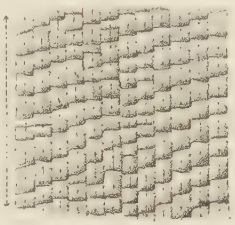


Abb. 142.
Lupenbild des Reliefs der Unterseite eines Blattstückes der Talipotpalme (*Corypha umbraculifera*). Der Pfeil gibt die Richtung des Hauptnervs des Blattes an.

beiden Palmen der Länge nach in Segmente zerlegt. Jedes Segment ist von einem derberen Gefäßbündel (Mittelrippe) durchzogen. Von jedem Segment wird nach Entfernung des oberen und unteren Endes nur das Mittelstück verwendet, das noch weiter längs der Mittelrippe in seine Hälften zerlegt wird. Für den Schul- und

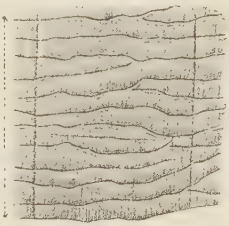


Abb. 143.
Lupenbild des Reliefs der Unterseite eines Blattstückes der Palmyrapalme (*Borassus flabelliformis*). Der Pfeil gibt die Richtung des Hauptnervs des Blattes an.

Tagesgebrauch wird das so gespaltene Blatt einfach getrocknet und dann zum Schreiben benützt. Für literarische Zwecke wird jeder Palmblattstreifen, ehe er als Beschreibmaterial in Verwendung kommt, bestimmten Behandlungen unterworfen, nämlich zuerst in Wasser oder Milch leicht gesotten und dann zwischen Walzen gepreßt. Dadurch gewinnt das Blatt eine ihm im natürlichen Zustande nicht zukommende Glätte, die auch an den alten Manuskripten zu finden ist, weshalb man annehmen darf, daß der Beschreib-

stoff der alten Palmblatt-Manuskripte in ähnlicher Weise vorbearbeitet wurde.

Im frischen Zustand sind die als Beschreibstoffe dienenden Blattstücke der Palmen leicht als solche zu erkennen und

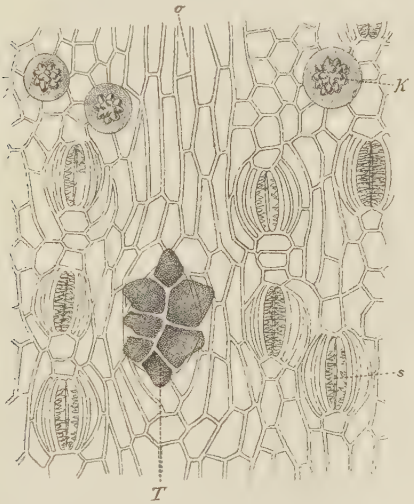


Abb. 144.
Oberhaut vom Blatte der Palmyrapalme (*Borassus flabelliformis*). *T* als Drüsen ausgebildete Trichome. *s* Spaltöffnungen mit zwei Paaren von Nebenzellen. *K* derbwandige Oberhautzellen mit Kieseleinschlüssen. Vergr. 200.

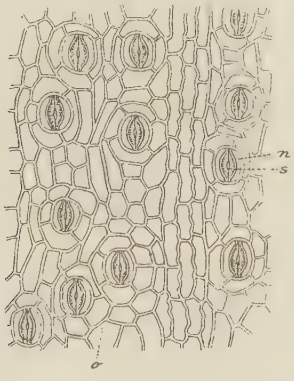


Abb. 145.
Oberhaut vom Blatte der Talipotpalme (*Corypha umbraculifera*). *o* Oberhautzelle, *s* Spaltöffnungen mit Nebenzellen *n*. Vergr. 210.

das Relief dieser beiden Blätter ist so verschieden, daß man unschwer entscheiden kann, ob man es mit dem Blatt der Talipot- oder der Palmyrapalme zu tun hat. Die Abb. 142 und 143 zeigen diese Unterschiede, wie sie sich im Lupenbilde zu erkennen geben. Sehr charakteristisch sind auch die braunen Punkte, welche in ganzen Reihen am Blatte der Palmyrapalme zu finden sind. Zur mikroskopischen Unterscheidung der Blätter von Corypha und Borassus, die bei Untersuchung alter Manuskripte wichtig sein kann, sei hier noch angeführt, daß die beiden Blätter nach Wiesner in ihren Oberhäuten deutlich verschieden sind. Wir lassen nun nach Wiesners Angaben eine kurze Beschreibung dieser Oberhäute folgen. (Nähere Angaben über die Anatomie der beiden Palmblätter siehe R. Eberwein in Sitzungsber. Wiener Akad., Bd. 112, 1903.)

Corypha umbraculifera. Die Oberhaut der Blattoberseite stimmt im Bau fast genau mit der Unterseite überein. Oberhautzellen meist länglich, wellig konturiert. Längste Oberhautzelle oberseits im Mittel 24,3 μ, unterseits 35,1 μ, kürzeste oberseits im Mittel 10,8 μ, unterseits 8,1 μ. Kieselzellen fehlen.

Die Spaltöffnungen stehen in Doppelreihen, die einzelnen Spaltöffnungen sind aber nicht in Paaren angeordnet, sondern gewöhnlich steht zwischen zwei Spaltöffnungen der einen Reihe eine Spaltöffnung der andern Reihe. Jede Spaltöffnung besitzt nur ein Paar von Nebenzellen. Längsdurchmesser der Spaltöffnung 35 μ. Auf den Quadratmillimeter kommen oberseits 34, unterseits 69 Spaltöffnungen. Trichome und Zwergzellen fehlen.

Borassus flabelliformis. Auch hier weicht die Oberhaut der Blattoberseite von der der Blattunterseite nicht wesentlich ab. Oberhautzelle variabel in der Größe, nicht buchtig. Längste Oberhautzelle oberseits im Mittel 59 μ, unterseits 67 μ, kürzeste (abgesehen von den »Zwergzellen«) oben und unten im Mittel 13,5 μ.

Es kommen hier eigentümliche dickwandige Kieselzellen vor, die von einem kugeligen, warzigen Kieselkörper erfüllt sind. Diese Kieselzellen stimmen im Aussehen mit den im Innern des Blatts vorkommenden Deckzellen (»Stegmata«) überein. In der Längsrichtung des Blattes treten reihenweise mehrzellige Trichome auf (Abb. 144 und 146 *T*); dies sind die schon mit freiem Auge sichtbaren braunen Punkte. Zwischen den Trichomreihen stehen die Spaltöffnungen in meist vierfacher Reihe. Jede Spaltöffnung ist mit

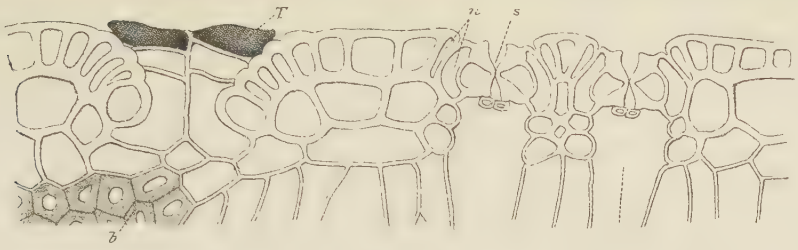


Abb. 146.
Oberhautvom Blatte von *Borassus flabelliformis*. *s* Spaltöffnung mit zwei Paaren von Nebenzellen *n*. *T* als Drüsen ausgebildete Trichome. *b* Bastzellen. Vergr. 400.

zwei Paaren von Nebenzellen versehen und an jedem der beiden Pole einer Spaltöffnung tritt eine Zwergzelle auf. Der Längsdurchmesser der Spaltöffnung beträgt im Mittel 65 μ. Auf dem Quadratmillimeter liegen sowohl oben als unten im Mittel 22 Spaltöffnungen. —

Ein weiteres Stadium der Papiererzeugung bildet die Herstellung flächenförmig ausgebreiteter Kunstprodukte durch künstlich geschnittene Pflanzenstoffe. Hierher gehört das oben bereits beschriebene Markpapier der Chinesen (sog. Reispapier; siehe Nr. 49) und der Papyrus der Alten.

Die große Bedeutung des Papyrus bei den alten Ägyptern, Griechen und Römern ist allgemein bekannt. Die ältesten Papyrusrollen wurden vor nahezu 4000 Jahren beschrieben. Mit dem Auftreten des arabischen (gefilzten) Papiers (800 n. Chr.) verschwand nach und nach die Erzeugung des Papyrus. Die berühmte ägyptische Papyrusfabrikation erlosch in der zweiten Hälfte des 10. Jahrhunderts [Raab (559. S. 5)]. Die der ägyptischen gefolgte sizilianische Papyrusfabrikation stand weit gegen die ägyptische zurück und scheint im 13. Jahrhundert ihr Ende gefunden zu haben.

Die Papyrusrollen der Alten wurden aus den krautigen Schäften der Papyrusstaude (*Cyperus papyrus* L.) bereitet. Aber nicht etwa die Oberhaut und die daran haftenden Gewebe, die mit ersterer allerdings eine dichte Haut bilden, sondern das von Gefäßbündeln reichlich

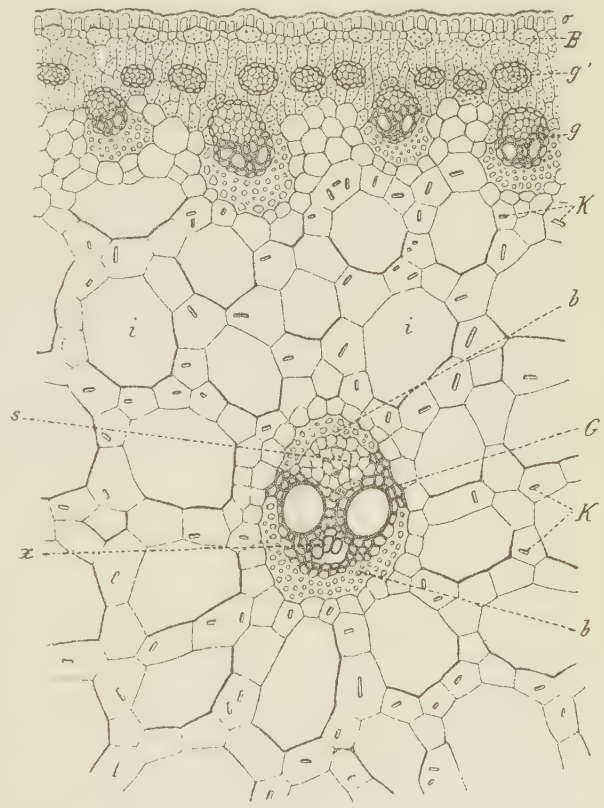


Abb. 147.
Querschnitt durch den Schaft von *Cyperus papyrus*. *o* Oberhaut, *B* einfache Bastbündel, *g'* reduzierte Gefäßbündel, *g* kleine Gefäßbündel mit nach innen gewandten Bastbelegen. *G* Gefäßbündel mit nach innen und außen gekehrten Bastbelägen *b b*, *x* Xylem, *s* Siebteil des Gefäßbündels. Dieses Gefäßbündel liegt im parenchymatischen, von großen luftführenden Interzellulargängen (*i*) durchsetzten Grundgewebe (Mark). Das Grundgewebe bildet die Hauptmasse des Papyrus, in dem aber auch die Gefäßbündel *G* erscheinen. *K* Kristalle von Kalziumoxalat (in den Parenchymzellen). Vergr. 100.

durchsetzte, weiße und gut schneidbare Markgewebe der dicken Schäfte wurde zur Darstellung des Papiers verwandt. Dieses Mark ist von zahlreichen, der Achse

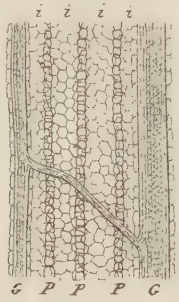


Abb. 148.
Längsschnitt durch Papyrusmark, um die im Papyrus auftretenden seitlichen Verbindungen der Gefäßbündel (*G G*) zu zeigen. *i P* wie in Abb. 149. Vergr. 30.

parallelen Gefäßbündeln und weiten luftführenden Interzellularräumen (Luftgängen) durchsetzt, die besonders deutlich auf dem Querschnitt hervortreten. Zarte Querzüge von Gefäßbündeln verbinden stellenweise die der Länge nach verlaufenden derben Gefäßbündel (Abb. 148). Die Interzellularräume sind der Länge nach gestreckt. Die Parenchymzellen sind groß, dünnwandig; fast jede Zelle führt einen oder mehrere Kristalle von Kalziumoxalat.

Die Papyrusrollen sind in der Weise angefertigt worden, daß man das Mark der Länge nach in dünne Blätter zerschnitt und mehrere davon — soviel Wiesner an ägyptischen Papyrusrollen gesehen hat, drei — mittels einer in Wasser löslichen Substanz aneinanderklebte. Die Papyrusrollen zeigen stets zwei aufeinander senkrecht stehende Streifensysteme, die von den das Mark durchsetzenden Gefäßbündeln herrühren. Da nun die Gefäßbündel, wie schon gesagt, im parenchymatischen Grundgewebe, wenn von den zarten, schon erwähnten Querzügen abgesehen wird, nur in einer der Achse parallelen Richtung auftreten, so folgt, daß man bei Verfertigung der Papyrusrollen die einzelnen Markblätter, um 90° verwendet, aufeinanderklebte. Die Markblätter haben eine Dicke von etwa 80 μ.

Gewöhnlich wird angegeben, daß die Verbindung der einzelnen Blattstreifen der Papyrusstengel durch Nilwasser und spätere Pressung oder anderweitige mechanische Bearbeitung erfolgte. Nach Wiesner wurde aber hierzu ein Kleister benutzt, der aus unreiner Stärke, vielleicht aus Mehl, bereitet wurde.

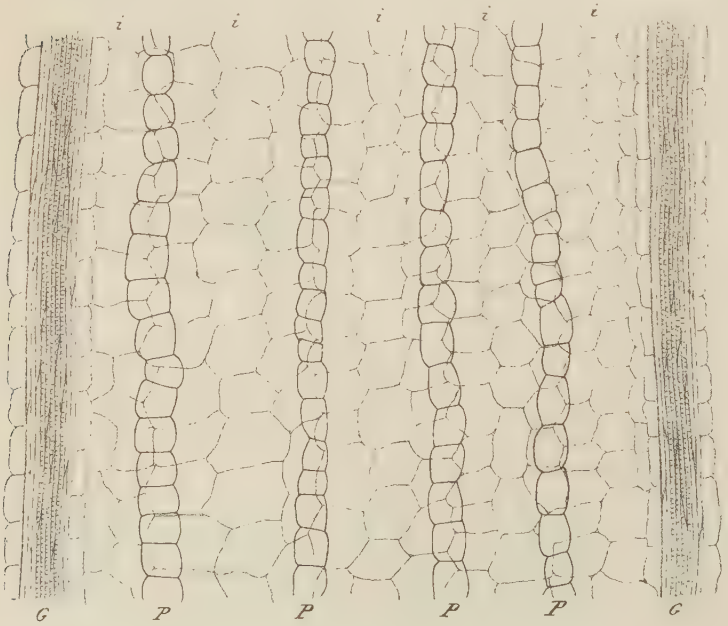


Abb. 149.
Längsschnitt durch das Mark von *Cyperus papyrus*. *P* Parenchym, *i* Interzellularräume, *G* Gefäßbündel, zugleich mikroskopisches Bild von Papyrus. Vergr. 100.

Die alten Papyruszellen sind nicht weiß, wie das frische Mark, sondern gelb bis tiefbraun gefärbt. Die Farbe rührt von einer teilweisen Umsetzung der Zellulosewände in Huminkörper her. Die Parenchymzellen haben mehr oder weniger stark gelitten; sie sind teils abgewittert, teils stark zerknittert, und nur hier und da, besonders in den mittleren Blättern der Papiere, sind ihre Strukturverhältnisse erhalten, so daß man noch ein-

zelne wohlerhaltene Zellen mit ihren kristallisierten Einschlüssen darin auffinden kann. Die Bestandteile des Gefäßbündels, weite, prismatische, netz- oder treppenförmig verdickte Gefäße und Bastzellen, sind in allen Lagen der Papyrusrollen noch gut erhalten.

Mehrfach sind im Altertum auch flächenförmige Rindenbestandteile als Beschreibstoff verwandt worden. Was aber lange Zeit von den Paläographen als *charta corticea*, *ξύλοχάρτιον*, Baumbastpapier, bezeichnet wurde, ist durchweg Papyrus. Dagegen ist es jetzt wohl zweifellos, daß Griechen und Römer für kürzere Aufzeichnungen sich eines Beschreibstoffs bedienten, der etwa kartenblattgroß war und durch Übereinanderkleben von Baststücken [wahrscheinlich der Linde (tilia, *φιλύρα*)] erhalten wurde [Wiesner (766)].

Bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts wurde in Kashmir Birkenrinde als Beschreibstoff benutzt. Die bis auf den heutigen Tag erhaltenen Bhûrja-Manuskripte bezeugen dies. Diese Manuskripte, auf denen nach Mitteilungen von Leop. v. Schroeder vornehmlich die Zeichen der Çâradâ-Schrift erscheinen, sind zweifellos aus Birkenrinde angefertigt, und zwar aus der bekannten feinen, papierähnlichen Außenrinde (Periderm). Das charakteristische Periderm der Birkenrinde ist durch sehr große, am Stamm querliegende Lentizellen von dunkler Farbe ausgezeichnet, die sich vom hellen (häufig, z. B. bei *Betula verrucosa* und *B. pubescens* kreideweißen) Peridermgewebe scharf abheben. Bei den alten, allerdings stark nachgedunkelten Bhûrja-Manuskripten treten die Lentizellen noch mit großer Deutlichkeit hervor. Nach Bunges Angaben sind die kaschmirischen Bhûrja-Manuskripte auf dem Periderm der in Zentral- und Ostasien verbreiteten *Betula bhojpattra* Wall. geschrieben.

Mit der Erfindung des **gefilzten Papiers** verschwanden nach und nach alle anderen Beschreibmaterialien vegetabilischen Ursprungs. Die gefilzten Papiere, die heute in der ganzen zivilisierten Welt in ausschließlicher Verwendung stehen, sind eine Erfindung der Chinesen. Die Angaben über die erste Erzeugung des chinesischen Papiers (gefilztes Pflanzenfaserpapier) schwanken. Als erster Erzeuger des chinesischen Papiers wird Ts'ai-Loun genannt, der diese in kulturhistorischer Beziehung so bedeutungsvolle Erfindung etwa 100 Jahre nach Chr. machte [Blanchet (87) S. 12]. Auch über die zur Bereitung des Papiers verwandten Materialien gehen die Ansichten auseinander. Es wurden Baumrinden (Baste), andere Pflanzenfasern und Lumpen als Grundstoffe genannt. Bis in die neueste Zeit wurde an der Ansicht festgehalten, daß die Lumpen (Hadern) erst im Jahr

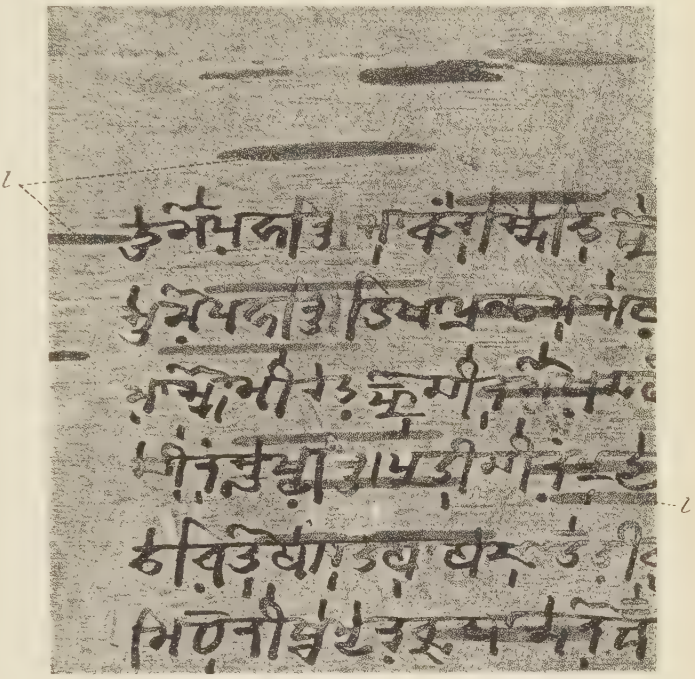


Abb. 150.
Fragment eines auf Birkenperiderm in der alt-kaschmirischen Çâradâ-Schrift geschriebenen Bhûrja- (Birken-) Manuskripts. *l l* Lentizellen des Periderms. Natürliche Größe.

940 n. Chr. von den Chinesen zur Papierbereitung benutzt wurden, also in einer Zeit, in der die arabische Erfindung des Hadernpapiers schon in Europa und besonders im Orient bekannt geworden war [Karabaček (403, S. 31)]. Aber die neueren Ausgrabungen chinesischer Schriftstücke und die daran geknüpften historischen und naturwissenschaftlichen Studien führten zu der Anschauung, daß in allen Perioden der chinesischen Erzeugung von Pflanzenfaserpapier der Gebrauch von schon benutzten Pflanzenfasern, also von Hadern oder Lumpen, stets eine gewisse Rolle gespielt habe. Nach Chavannes (147a) wurden schon in der ersten Zeit der Ts'ai-Lounschen Erfindung Hadern (»de vieux chiffons de toile«) neben Fasern von Baumrinde als Papiermaterialien genannt. Mit Sicherheit wurden in den ostturkestanischen Ausgrabungen chinesischer Manuskripte aus dem 4.—8. Jahrhundert unserer Zeitrechnung Papiere gefunden, die neben Hadern durch Mazeration gewonnene Rohfasern (insbesondere von *Broussonetia papyrifera*) enthielten [Wiesner (768)]. In diesen Papieren erschienen die Hadern gewissermaßen als Surrogat neben der edleren durch Mazeration gewonnenen Bastfaser. Damit erscheint erwiesen, daß die Chinesen die Hadern in die Papierfabrikation einführten, wenn auch nicht als ausschließlichen Papierstoff. Dieser große Fortschritt ist, wie wir gleich sehen werden, den Arabern zu danken.

Eine von Sir Aurel Stein gemachte Ausgrabung (Explorations in Central Asia, 1906—1908, Geogr. Journ. for Sept. 1909) förderte ein Papier zutage, das aus der ersten Zeit der Ts'ai-Lounschen Erfindung der chinesischen Pflanzenfaserpapiere stammt und nach Wiesners Untersuchungen ein Papier darstellt, das ganz und gar aus Hadernmasse besteht, in der die Textur des ursprünglichen Gewebes noch nachweisbar ist [Wiesner (769)].

Als erste Erfinder der gefilzten Papiere gelten mit Recht die Chinesen. Interessant ist aber, daß die Maya-Indianer später, zweifellos ganz unabhängig von den Chinesen, auch ein »gefilztes« Papier erfunden haben, das aber früh dem Untergang geweiht war und deshalb für die menschliche Kultur nicht die Bedeutung erlangte, wie die chinesische Erfindung, die ja den unbestrittenen Ausgangspunkt unserer heutigen Papierbereitung bildet.

Die Maya-Indianer zeichneten sich nämlich unter den Menschenstämmen, die anfänglich, nämlich noch vor den Azteken, Mittelamerika bevölkerten, durch besondere Intelligenz aus. Sie bewohnten weite Strecken des jetzigen Mexiko: Yucatan, Chiapas, Tabesco usw. Für ihre hohe Intelligenz spricht die Tatsache, daß sie einen später von den Azteken übernommenen Kalender besaßen, der an Genauigkeit den Julianischen übertraf. Im alten Amerika waren die Maya-Indianer allein im Besitz einer Schrift. Diese war eine Hieroglyphenschrift, die mit der ägyptischen manche Ähnlichkeit hatte und auf dem Wege war, zu einer Lautschrift zu werden. Ihre Aufzeichnungen sind in vier aus dem Ende des 14. bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts stammenden Handschriften enthalten (Dresdner Maya-Codex, Codex Peresianus in Paris, Codex Troano und Codex Cortesianus, beide in Madrid), die Gegenstand eingehender Studien geworden sind.

Die Maya-Kodizes und die altmexikanischen Bilderhandschriften wurden durch Alexander v. Humboldt sehr bekannt und auf seine Autorität hin wurde bis auf die jüngere Zeit angenommen, daß das Papier dieser Manuskripte aus Agave-Fasern bestehe. In neuerer Zeit wurden sowohl die Maya-Kodizes als auch die altmexikanischen Bilderhandschriften durch R. Schwede (642) einer gründlichen mikroskopischen Untersuchung unterzogen, durch die zunächst festgestellt wurde, daß die Herleitung all dieser Papiere von Agave-Fasern irrtümlich ist, und daß diese Papiere aus der Rinde von Ficus-Arten erzeugt wurden. Ob diese Rinde allerdings gerade von einer Ficus-Art abstammt, schien Wiesner noch nicht endgültig beantwortet. Es könnte ebensogut eine Morus-Art sein. E. Seler schrieb an Wiesner (23. April 1914), daß die mexikanischen und Maya-Papiere aus sprachlichen Gründen aus dem Baste eines Maulbeerbaumes herzuleiten wären. Jedenfalls hat R. Schwede bewiesen, daß die Maya-Handschrif-

ten nicht von Agaven herrühren, und daß der Bast einer Moracee (im weiteren Sinne genommen) das Material zur Erzeugung dieses Papiers gebildet hat. Welcher Gattung und Spezies der zur Papiererzeugung benutzte Bast angehörte, scheint allerdings noch nicht endgültig beantwortet zu sein.

Von den Chinesen lernten zuerst die Japaner und dann die Araber die Kunst der Erzeugung des gefilzten Papiers. Durch eigenartige Umbildung des chinesischen Verfahrens entstanden zwei wichtige, aber ganz verschiedene Papiererzeugungen, die japanische und die arabische, die sich im wesentlichen dadurch unterschieden, daß die japanische ohne jede Verwendung von Hadern einherging, dagegen die arabische die Verwendung der Hadern zum Grundprinzip erhob. Die für Europa so wichtig gewordene Erzeugung der Hadernpapiere ist unmittelbar auf die arabische Papiermacherkunst zurückzuführen, wenn auch die Erfindung des Hadernpapiers den Chinesen zugesprochen werden muß. Der japanische Weise Doncho und der japanische Prinz Shotoku werden als die Männer genannt, die den Bast des Papiermaulbeerbaums (siehe Nr. 46) zuerst zur Papierbereitung in Anwendung brachten. Doch wird anderseits angegeben, daß die Chinesen die Bastfaser von *Broussonetia papyrifera* vor den Japanern zur Erzeugung des Papiers benutzt haben sollen [Raab (559, S. 155)]. Die mikroskopische Untersuchung wies in altem chinesischem Papier die Bastfaser des Bambusrohrs und die Faser des Reisstrohs nach, welche Rohmaterialien auch noch in dem heutigen chinesischen Papier zu erkennen sind. Im Anfang des 9. Jahrhunderts bereiteten die Japaner Papier aus roher Hanffaser (die Papiersorten »mafushi« und »mashishi«), aus Papiermaulbeerbast (»kokushi« und »danshi«) und aus den Bastfasern der Pflanze mitsumata (*Edgeworthia Gardneri*) die Sorte »hishi«. Beide letztere Fasern, namentlich die Fasern des Papiermaulbeerbaumes, werden noch jetzt in Japan in ausgedehntem Maß zu Papier verarbeitet.

Wann die Japaner mit dem von den Chinesen erfundenen gefilzten Pflanzenfaserpapier bekannt wurden, scheint noch nicht vollkommen sichergestellt. Es wird angegeben, daß der Beginn der japanischen Papiererzeugung nach chinesischem Verfahren im Ausgang des 6. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung erfolgte. Dagegen ist historisch sichergestellt, daß die arabische Papierfabrikation mit dem Jahre 751 n. Chr. begann und Samarkand den Ausgangspunkt der islamitischen Papiererzeugung bildet [Karabaček (403, S. 28)]. Durch kriegsgefangene Chinesen wurden die Araber mit dem Ts'ai-Lounschen Verfahren bekannt. Ob die Araber (bzw. Perser) die Verwendung der Hadern zur Papierbereitung erfanden oder von den Chinesen übernahmen, ist noch nicht sichergestellt; aber jedenfalls waren es die Araber, die die Hadern zum ausschließlichen Papierrohstoff erhoben und die Hadernpapierfabrikation auf die Höhe brachten, auf der sie sich bis auf den heutigen Tag erhalten hat. Lange galt das Hadernpapier als eine deutsche, italienische oder sonstige europäische Erfindung, jetzt ist aber sichergestellt, daß sich die arabische Papiererzeugung nach und nach über Europa verbreitete. Durch elf Jahrhunderte herrschte das Hadernpapier in allen zivilisierten Ländern.

Von Karabaček (403) und Wiesner (768) erfolgte auch der Nachweis, daß die bis in die Mitte der achtziger Jahre aufrechterhaltene Lehre, dem Hadernpapier sei ein angeblich von den Chinesen erfundenes Baumwollpapier (die *charta bombycina* der Paläographen) vorangegangen, auf Irrtum beruht. Die Beseitigung dieses tief eingewurzelten Irrtums erfolgte um so rascher, als der von Karabaček geführte historische Nachweis mit dem von Wiesner auf naturwissenschaftlichem Weg gefundenen vollkommen übereinstimmte und beide unabhängig voneinander zu dem gleichen Resultat gelangten.

Das Hadernpapier behauptete sich bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts als fast ausschließlicher Beschreibstoff. Der sich immer mehr steigernde Bedarf an Papier drängte aber zur Verwendung anderer billigerer Papiermaterialien. Schon in der Mitte des 18. Jahrhunderts stellte J. C. Schäffer (621) sehr ausgedehnte Versuche mit zahlreichen verschiedenartigen

Papierstoffen an und faßte die Ergebnisse seiner Versuche in ein Werk zusammen, dem Muster der erzeugten Papiere beilagen. Vergleicht man die damals in Vorschlag gebrachten Pflanzenstoffe mit den heute zur Papierfabrikation wirklich benutzten, so ergibt sich, daß Schäffer von einem durchaus rationellen Gedanken ausging, wenn auch seine Versuche nur einen geringen unmittelbaren praktischen Erfolg hatten. Spätere Erfahrungen lehrten, daß nicht jeder Pflanzenstoff, aus dem sich Papier bereiten läßt, auch schon zur fabrikmäßigen Erzeugung des Papiers geeignet ist. Erst ein Jahrhundert später gewann die Idee, frische, d. h. im Gewebe noch nicht ausgenutzte Pflanzenfasern zur Papierbereitung zu benutzen, praktische Bedeutung. Die teuren Hadern traten immer mehr in den Hintergrund und der riesige Papierbedarf der Erde wird heute hauptsächlich durch Holzfasern und Bastfasern (in erster Linie von Stroh und Esparto, aber, wie wir gesehen haben, auch von zahlreichen anderen Pflanzen) gedeckt.

Die zuerst in Europa angewandte moderne Art der Papiererzeugung hat in allen Kulturländern Eingang gefunden und wird jetzt auch in Japan neben der dortigen alten Erzeugungsweise, die noch immer in Blüte steht, ausgeübt.

Die Erfindung des »Holzschliffs« ist F. G. Keller in Kühnhaida im sächs. Erzgebirge und H. Völter in Heidenheim (1852), die der »Natronzellulose« A. Ungerer in Semmering bei Wien (1869—1871) zu danken. Die so bedeutungsvoll gewordene Erfindung der »Sulfitzellulose« wurde von dem amerikanischen Chemiker Tilghman (1866) gemacht; die praktische Durchführung dieser Erfindung (anfangs der siebziger Jahre des 19. Jahrhunderts) ist an die Namen A. Ekmann (Barwik in Schweden), C. Kellner (Theresienstadt in Niederösterreich) und A. Mitscherlich (Hann.-Minden) geknüpft, die unabhängig voneinander das Sulfitverfahren erfanden.

Das erste Verfahren zur Herstellung eines brauchbaren Strohstoffes wurde von A. Estler in Wien (1815) (Privilegiumbeschreibung in Jahrbüchern d. polytechn. Instituts in Wien, 9. Bd., 1826, S. 405 ff.) angegeben; aber erst M. A. C. Melier in Paris (1854) gelang die fabrikmäßige Verarbeitung des Strohs zur Papierbereitung nach einem im Prinzip dem Estlerschen gleichen Verfahren.

C. Literatur.

Ia. Allgemeine Literatur über Pflanzenfasern.

Aisslinger 48
Beauverie 69.
Bernardin 82.
Boehmer 94.
Bruck 102.
Bottler 118.
Christy 151.
Corrêa 159.
Dewey 176.
Diels 180.
Dodge 187.
Eeden 204.
Fesca 229.
Fiedler 230.
Fruwirth 244, 245.
Glafey 253.
Gürke 268.
Guzmán 269.
Hannan 280.
Hanausek, T. F. 285.
Herzog 334, 352.
Heyne 364.
Hill 365.
Höhnel 374.
Iterson 391.
Krais 427.
Lecomte 455, 456.
Matthews 487.
Muller 529.
Reimers 568, 569.
Richter, O. 577.
Rohn 587.
Royle 598.
Schacht 619.
Schilling 652.
Schlomann - Oldenbourg, XIV, 634a.
Schürhoff 639.
Selleger 661—663.
Semler 664.
Simão da Costa 666.
Squier 679.
Tobler 694, 694a, *706a.
Vétillard 735.
Warburg 746.
Watt 748, 749.
Wiesner 760, 762, 771.
Winkler 776.
Zetzsche 785.
Zipser 794.

Ib. Allgemeine Literatur für den besonderen Teil B, II.

1. (Baumwolle).
Beckmann 74, I.
Baines 61a.
Harry Rivet-Cornac 584a.
B. Nieß 533b.
Kuhn 432a.
Oppel 536.
Kleine 408a.
G. Watt 748, 749.
Die Baumwollenfrage 67a.
Lasteyrie 450.
Parlatore 537.
Todaro 707, 707a, 708.
G. Watt 751.

Speziell über Kultur u. Gewinnung siehe noch:
Semler 664, Bd. III, 1888 und spätere Auflage.
Dodge 187.
M. Passon 538.
Beauverie 69, S. 259.
H. Winkler 776, S. 126.
Brooks 99.
Freemann in Fruwirth 244, S. 206.
Steuckart 681.
The cotton plant 692.
Burkett, C. W. and Pol, 110.
Dunstan 196.
Fesca 229.
Hacker 270.
Heine 324.
Kottur 424.
dUtra 731.
Girola 252.
Lecomte 452, 454.
Morris and Bovell 514.
Roux 593.
Royle 597.
Zimmermann 792.
Wildeman 773.
Michotte 495a.
Über Baumwollklassierung:
Bühler 134b konnte nicht mehr berücksichtigt werden.

2. (Wolle der Wollbäume).

Wiesner 762.
Lincke 462.
Schumann in Engler-Prantl 214, III, 6 (1895).
Iterson 391.
Beauverie 69, S. 459.
Höhnel 373.
Papierfabrikant (13) 1921, S. 1257.
Ulbrich 720.
Heyne 364, III, S. 220.
Matthews 487.
Bley 90.
Mücke 518.
Cantzler 140.
Warburg im Tropenpflanzer, Beihefte I (1900), S. 6.

3. (Vegetabilische Seiden).

Wiesner 762.
Arnaudon 57.
Höhnel 374.
Lincke 462.
Watt 750.
Meitzen 490.
Zimmermann im Pflanzer 1911, VI.

4. (Einheimische Wollhaare).

Höhnel 374.
Herzog 334, S. 46.
Ulbrich 722.
Schürhoff 639.
Boehmer 94.
Vogl 737.
Leykum 460.

5. (Flachs).

Kuhnert 444. 445.
Adalberth 45.
Schindler 634.
Lazarkévitch 451. 451a.
Carter 145a.
Davin and Searle 167a.
Herzog 344.
Frost 243.
Tammes 690.
Hecker 316.
Rechenberger 565.
Bradbury 122a.
Miles 500.
Beauverie 69.
Sellergren 663.
Havenstein 312.
Bernard 81a.
Dodge 186, 187, 188.
Röste: Ruschmann, G. 601.
Davis 168.
Bibliographie: Brosch 100.

6. (Hanf).

Campell 138.
Carcenac 142.
Dewey 179a.
Marquart 475.
Heuser 361.
Bruck 104.
Dodge 187.
Freudenthal 239c, d.
Watt 749.
Beauverie 69.

7. (Jute).

Dodge 187.
Watt 748, 749, S. 405.
Pfuhl 545.
Semler 664, III.
Legatt 457.
Wolff 783.
Friboes 240.
Keer 407.
Girola 252a.
Carter 145.
van Delden 170.
Beauverie 69.
Schulte im Hofe, Tropenpflanzer 1902, S. 38ff. u. 295ff.
Zimmermann, Der Pflanzer I, 1905, S. 105 ff.
Bahr 61.
Chaudhury, N. C. 149.
Über Jutewolle: Glafey 253, S. 93.

8. (Ramie).

Wiesner u. Ungerer 763.
Royle 598, S. 349 ff.
Hassack 304.
Michotte 494.
Dodge 187, S. 85—91.
Schulte im Hofe 640.
Gürke 267.
Drabble and Scott 189.
Carter 144.
Johannsen 397.
Bruck, Tropenpfl. XVI, 1912.
O'Brien 534.
Bluntschli 92.
Favier 223.
Raynaud 564.
Rivière 585.
Fron 242.
Forbes 235.
Favre 221.
Beauverie 69.
Winkler, H. 776.
Karpelès 404, 405.
Semler 664, III.
Watt 748, 749; Iterson 391, S. 54.
Ohara 535b, S. 159.

Mikroskopie:

Höhnel 374.
Tobler 694.
Vétillard 735.
Hassack 304, 305.
Wiesner u. Ungerer 763.

9. (Nessel).

O. Richter 577—581.
J. Moeller 507.
Bouché u. Grothe, H. 260.
Rößler-Ladé 589.
Rasser, E. O. in „Neue Faserstoffe" I, S. 4—5, 18—22.
Sellergren 663.
Reimers 568, 569, S. 240.
Boehmer 94.
Krüger, Wimmer und Brede mann 430.
Sauvee Ridolfi 615.
Krais in Zeitschr. f. ang. Chemie 1920, S. 177.
T. F. Hanausek in „Allg. Textilzeitung", 1916.
Zahlreiche Patente.
Anatomie der Nessel:
Gravis, Recherches anat. sur les organes végetatifs de l'Urtica dioica. Bruxelles 1885.

10. (Hopfenfaser).

Boehmer 94.
Reinhardt in Mitt. Techn. Versuchsamtes (31) VII, 1918, S. 23.
Massot in Leipziger Monatsschr. f. Textilind. (24) XVI, 1916. S. 145.
Sellergren 663.
Herzog 334, S. 58.
H. Singer in Jahresb. Wiener Handelsakademie, 1882.
Höhnel 374, 2. Aufl., S. 58.
T. F. Hanausek 285, S. 83.

R. Schwede in Jahresb. Ver. ang. Bot. 1918, S. 8.

11. (Weidenfaser).

Vétillard 735, S. 174.
Herzog, A. 345.
Reimers 568, S. 55, 569, S. 206.
Massot 484, II.

12. (Gambohanf).

Royle 598.
Dodge 187.
Corrêa 159, S. 255—269.
Semler 664.
Iterson 389, 390, 391.
Beauverie 69.
Tobler 704.
Horst 384.
Höhnel 374.
Hanausek 285.
Frenzel 238.
Heyne 364, III, S. 196.
Schilling 629.
Howard in Fruwirth 244, 2. Aufl., S. 236.
Michotte 495b.
Über den Rosellahanf:
Wester 754.
Ridley 583.
Mathieu 485.
D. Lein. Ind. (12), 1922, 6.
Howard in Fruwirth 244, II. Aufl., S. 240.
Ettling in Tropenpflanz. (15), 1926, S. 2.

13. (Sunnhanf).

Royle 598.
Watt 748, 749.
Aisslinger 48.
Herzog 334, 341.
Dodge 187.
Beauverie 69.
Höhnel 374.
Reimers 569.

14. (Sida rhombifolia).

Wiesner 761, S. 2, 10 u. 11.
Royle 598.
Watt 748.
Dodge 187.
Corrêa 159, S. 214.
Aisslinger 48.
Beauverie 69.
Faucon 236.
Tropenpfl. (15), 1900, S. 562.
Heyne 364.

15. (Calotropis gigantea).

Royle 598.
Dodge 187.
Watt 748.
Aisslinger 48.
Selleger 661, S. 14.
Zimmermann in Pflanzer 1911.
Lincke 462.
Heyne 364, IV, S. 87.

16. (Hibiscus tetraphyllus).

Wiesner 761, S. 8.
Watt 748.
Höhnel 374.

17. (Urenafaser).

Wiesner 761.
Semler 664, III, S. 11.
Selleger 661.
Watt 748.
Dodge 187.
Beauverie 69.
Saito 610.
Aisslinger 48.
Corrêa 159.
Abbey-Yates 44.
Rein 571, S. 533.
Bull-Imp. (8), 1914, S. 34.
Bull-Kol. Mus. (9), Haarlem, 1904.

18. (Bauhiniafaser).

Watt 748.
Wiesner 761, S. 4 u. 24 ff.
Dodge 187.
Rein 571.

19. (Thespesia macrophylla).

Wiesner 761, S. 2 u. 5—8.
Watt 748.
Dodge 187.
Beauverie 69, S. 437.
Aisslinger 48, S. 101, 102.
Brigham 95.
Ridley 583.
Faucon 236.
Semler 664, III, S. 737.
Selleger 661, S. 29.
Heyne 364, III, 207.
Reimers 569, S. 217.

20. (Cordiafaser).

G. Tobler 706.
Dodge 187.
Watt 748.
Rein 571.
Wiesner 761.

21. (Lindenbast).

Dodge 187, S. 313.
Saito 610, S. 401.
Beauverie 69, S. 257.
Herzog 334, Phot. 118, 119.
Tobler 694, S. 96.
Höhnel 374, 2. Aufl., S. 61.
Kunststoffe (22), 1918, S. 313.

22. (Cordiabast).

G. Tobler 706.
Dodge 187.

23. (Sterculiabast).

Wiesner 761, S. 2, S. 15—17.
Semler 664, III, 1888.
Dodge 187.
Watt 749, S. 1051.

24. (Bast von Holoptelea integrifolia).

Wiesner 761, S. 3, 17, 18.

25. (Kydiabast).

Wiesner 761, p. 2, 18—20.
Semler 664.
Savorgnan 613.
Watt 748.
Dodge 187.

26. (Bast von Gnidia eriocephala).

Wiesner 761.
Watt 748.
Dodge 187, S. 214.

27. (Bast von Trema orientalis).

Wiesner 761.
Spon 678.
Dodge 187.
Watt 748.
Reimers 569, S. 217.

28. (Agavefasern).

Pax in Engler-Prantl 214, II. 5, 1888, S. 118 ff.
Trelease 711, 712, 713.
Berger 81.
Iterson 390, 391, S. 13.
Wiesner u. Baar 770.
Müller 519.
Muller 529.
Booth 117.
Fasio 220.
Drummond and Prain 191.
Maireaux 472.
Stuhlmann 684.
Wildeman 772.
Hautefeuille 309.
Santisteban 614
Endlich 210.
Bruck 103.
Beauverie 69.
Winkler 776.
Tobler 695.
Dewey 177, 178, 179.
Michotte 495c.

Sisal.

Gürcke 266.
Stuhlmann 684.
Kindt 408.
Kruyff 431.
Einstein 208.
Edwards 201.
Fruwirth 244.
Boyd 121.
Mann and Hunter 474.
Barba 62.
Dewey 177; 178.
Heyne 364, I.
Hindorf 367a.

Kantala.

Drummond and Prain 191.
Edwards 201.

Saleeby 612.
Heyne 364. I.
Muller 529.
Dewey 177.

Henequen.

Berger 81.
Edwards 201.
Dewey 177.
Marqués 477.

29. (Musafasern).

Spon 678, 1873.
Blumentritt, Öst. Zeitschr. f. d. Orient. Wien 1881, S. 161 ff.
Labhart, Öst. Zeitschr. f. d. Orient. 1882, S. 94 ff.
Semler 664.
Dodge 187, S. 245 ff.
F. W. van Eeden 205, 1895.
W. B. Preyer 556, 1898.
Christy 151.
Dalen u. Wisbar 165.
Fehlinger 225.
Rung 599.
Edwards and Saleeby 202, 1910
W. F. Bruck 102.
Halama 271, 272.
Winkler 776.
Heyne 364.
Beauverie 69.
Richmond 576.
Iterson 390.
Muller 529.
Tobler 694, S. 56.
Höhnel 374, 2. Aufl., S. 65.
Herzog 334, Phot. 124—127.

30. (Mauritiushanf).

Gürcke in Zeitschrift f. d. ges. Textilindustrie, 1898—99, Nr. 29.
Dodge 187, S. 169.
Braun in Pflanzer 1911.
Semler 664, III, S. 725.
Bull. Imp. (8), VIII, 1910, S. 265; XIII, 1915, S. 21; XV, 1917, S. 16, 488.
Heyne 364.
Corrêa 159, S. 83.
Engler 212, 13, S. 369.
Dewey 177, S. 198.
Tobler 694, S. 74.
Petzke 544a.

31. (Sansevieriafaser).

Dodge 187, S. 287 ff.
Sadebeck 606, S. 285 ff.
Royle 598.
O. Warburg, Tropenpflanzer, III (1899), S. 21.
Axel Preyer 555.
H. Greilach 257, Nr. 4.
Watt 748, 749.
Braun, Pflanzer 1905, I, S. 264 ff.; 1906, II, S. 273 ff.; 1907, III, S. 2 u. 90.
Godefroy 254.
Semler 664, III, S. 756.
Winkler 776, S. 230.
Beauverie 69, S. 523.
Muller 529, S. 110.
Tobler 694, S. 76.

32. (Neuseeländischer Flachs).

Hector 318.
Semler 664.
Hamilton 278.
Tropenpflanzer 1901, S. 433.
Dodge 187, S. 261.
Höhnel 374, 2. Aufl., S. 64.
Tobler 694, S. 81.
Herzog 334, Phot. 121—123.

33. (Aloefaser).

Royle 598.
Wiesner 771.

34. (Bromeliafaser).

Corrêa 159.
Semler 664.
Iterson 394, 393, 392.
Watt 748.
Dodge 187.
Selleger 661, S. 50.
Höhnel 374.
Labhart in Öst. Monatsschr. f. d. Orient, 1882, S. 174.
Muller 529, S. 105.
Corrêa 159.
Herzog 334, Phot. 139—141.

35. (Pandanusfasern).

Dodge 187.
Watt 748, 749.
Iterson 391.
Finsch 231.
Handb. d. Strohhutfabrikation 299, I.
Heyne 364.
Christy 151, S. 52.
de Clercq 156.
Robinson 586.
Perrot et Gorris 543.
Winkler 776.
Maiden 470.
Saito 610.
Schilling 629, S. 205.

36. (Raphiafaser).

Dodge 187.
Sadebeck 606, 607, 609.
T. F. Hanausek 283, 284.
Ed. Hanausek 281.
Deslandes 172.
Main 471.
Tobler 694, S. 86.
Höhnel 374, II. Aufl., S. 78.

37. (Espartofasern).

Wiesner, Wochenschrift des niederösterr. Gewerbevereins, 1865.
Bastide 67.
Vivarez 736.
Hayek 313.
Boehmer 94, I, 530.
Beadle Clayton u. Stevens H. P., 68.
Bruno 106.
Montessus 509.
Koch 410.
Seilerztg. 1917, S. 503.
Papierfabrik. (13), 1920. S. 707; 1921, S. 293.
Wiesner 758.
v. Höhnel 374.
T. F. Hanausek 285, 296.

38. (Piassave).

Archer 56.
Sadebeck 606, 608.
Dodge 187.
Höhnel 374.
T. F. Hanausek 297.
Heyne 364.
Semler 664.
Ernst 218.
Fesca 229, II, S. 188.
Squier 679, S. 52.

39. (Posidoniafasern).

Journ. Dep. Agr. West Austr., XVIII, 1909.
Tropenpflanz. (15), 1909. S. 193.
Ulbrich 723.
Beauverie 69, S. 659.
Koller 411.
Massot in Leipziger Monatsschrift (24), 1916, S. 22.
Bull. Imp. Inst. (8) XIX, 1921, S. 60.
Winterbottom 779.

40. (Typhafaser).

P. Graebner, E. Medlewska und A. Zinz 255a.
Reimers 568.
Rein 571, S. 535.
Dodge 187.
Corrêa 159.
Sellergren 663.
Leykum 460.
Kunststoffe (22), 1918, Nr. 20, 21.
Färberzeitung 1919, Nr. 3.
Neue Faserstoffe (16a). 1919, Nr. 7.

41. (Tillandsiafaser).

Höhnel 368, 374.
Schimper 633.
Über die Anatomie der Saughaare siehe auch Wetzel in Flora, 1924, 117. Bd., S. 133.

42. (Kokosfaser).

Watt 748, 749.
Dodge 187.
Prudhomme 557.
Preuß 554.

Semler 664.
Ferguson 227.
Copeland 158.
Hoyer 385.
Hubert 386.
Hunger 388.
Lan 446.
Fesca 229.
Adam 46.
Brenier et Crevost 94a.
Winkler 776 u. 244 (Fruwirth).
Kluyver en Raden Mas Iso Reksohadiprodjo 409.
Iterson 391.
Kränzlin, Mitt. Sorau 1920, II, S. 64.
Herzog 334, Phot. 137, 138.
Höhnel 374, 2. Aufl., S. 68.
Tobler 694, S. 62.

43. (Torffaser).

Schatz 623.
Förster 237.
Marschik 479.
Süvern 686.
Kunststoffe (22), 1918, Nr. 11, 20, 22.
Linsbauer 463.
Faserstoffkalender 1919, S. 119—127.
Sellergren 663.
Hausding 308.

44. (Strohfaser).

Wiesner 756, 757, 760.
Höhnel 374, S. 110.
Herzberg 327, S. 91.

45. (Holzfaser).

Wilhelm in Wiesner, II. Bd. 771, 1918, S. 277.
T. F. Hanausek in Papierfabrikant (13), 1910—1914.
Höhnel 374, S. 121.
Herzberg 327, S. 114.
T. F. Hanausek 285, S. 108.
Cross and Bevan 163.
Herzog 334, S. 70.

46. (Papiermaulbeerbaumfaser).

Wiesner 771, I. Aufl.
Höhnel 374, I, 1887, S. 46.
T. F. Hanausek 285.
Saito 610.
Groud 262.
de Clercq 156.
Reimers 569.
Über die »Knorpelschicht« siehe Literatur bei Weese in Mitt. Techn. mikr. Lab. Techn. Hochschule, Wien (27), 1924, 1, S. 16.

47. (Edgeworthiafaser).

Watt 748.
A. Jenčič 395.
Saito 610.
Herzog 334.
Winkler 776, S. 106.

48. (Bambusfaser).

Wiesner 760, S. 236.
Saito 610.
T. F. Hanausek 295.
Sindall 667.
Schmeil 635.
Christy 151.
Camus 139.
Heyne 364, I.
Schröter 638.
Tobler 694.
Höhnel 374, II. Aufl., S. 115.

49. (Araliamark).

Hooker in Journal of Botany, II, S. 27 u. 250, IV, S. 50 u. 347.
Moeller in Bot. Zeitung, 1879, 37, S. 720.
Miquel 502, S. 749.
Wiesner 771, I. Aufl., 461, 760, S. 234.

50. Geschichte des Papiers.

Über die Geschichte des Papiers s. Karabaček 403.
Wiesner 768.
A. Blanchet 87, Paris 1900. Sehr reich an einschlägigen Literaturangaben.
R. Raab 559.
Über die mikroskopischen Kennzeichen des Papyrus der Alten s. Wiesner 760, S. 237 ff.; ferner Wiesner 768.

II. Besondere Hinweise.

a) Periodische Schriften.

1. Angewandte Botanik. Zeitschrift f. Erforschg. der Nutzpflanzen. Berlin 1919 ff.
2. Archiv f. Chemie u. Mikroskopie. Wien.
3. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. Berlin 1883 ff.
4. Botanical Abstracts. Baltimore 1911 ff.
5. Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte u. Pflanzengeographie, hrsg. v. A. Engler, Leipzig 1880 ff.
6. Bulletin du bureau des renseignements agricoles et des maladies des plantes. Institut international d'agriculture. Rome 1910 ff.
7. Bulletin of miscellaneous information. Royal Botanical Gardens. Kew 1887 ff.
8. Bulletin of the Imperial Institute. London.
9. Bulletin, Koloniaal Museum te Haarlem. Haarlem 1901 ff.
10. Cellulosechemie. Wissenschaftliche Beiblätter zum »Papierfabrikanten«. Berlin 1920 ff.
11. De Textiel Industrie. Doetinchem 1920 ff.
12. Der deutsche Leinenindustrielle. Berlin.
13. Der Papierfabrikant. Berlin.
14. Der Spinner und Weber. Leipzig.
15. Der Tropenpflanzer. Berlin.
16. Dinglers polytechnisches Journal. Berlin.
16a. Deutsche Faserstoffe und Spinnpflanzen. München 1919 ff. (Zuerst »Neue Faserstoffe«.)
17. Experiment Station record. U. S. Department of Agriculture, office of Experiment Stations. Washington.
18. Faserforschung. Zeitschrift f. Wissenschaft u. Technik der Faserpflanzen und der Bastfaserindustrie. Leipzig 1921 ff.
19. Flachs und Leinen. Trautenau 1893 ff.
20. Jahresberichte der Vereinigung für angewandte Botanik. Berlin 1903—1919.
21. Journal d'agriculture tropicale. Paris 1900 ff.
22. Kunststoffe. München.
23. L'Agriculture pratique des pays chauds. Paris 1901 ff.
24. Leipziger Monatsschrift für Textilindustrie. Leipzig.
25. Melliands Textilberichte. Mannheim 1920 ff.
26. Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem.
27. Mitteilungen aus dem techn.-mikroskopischen Laboratorium der Techn. Hochschule Wien.
28. Mitteilungen des deutschen Forschungsinstituts für Textilstoffe. Karlsruhe i. B. 1918 ff.
29. Mitteilungen des Deutschen Forschungs-Institutes für Textilindustrie in Reutlingen-Stuttgart. 1918 ff.
30. Mitteilungen der Forschungsstelle Sorau des Verbandes Deutscher Leinen-Industrieller. Sorau 1919 (Bd. I) u. 1920 (Bd. II).

31. Mitteilungen des Technischen Versuchsamtes. Wien 1912 ff.
32. Mitteilungen des Technologischen Gewerbe-Museums in Wien. 1880 ff.
33. Österreichische Botanische Zeitschrift. Wien 1860 ff.
34. Österreichische Chemiker-Zeitung. Wien 1898 ff.
35. Revue des cultures coloniales. Paris 1897 bis 1904.
36. Schriften des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. Wien.
37. Strohhutzeitung. Berlin.
38. Textile Forschung. Ztschr. d. deutschen Forschungsinstitutes für Textilindustrie in Dresden. Dresden 1919 ff.
39. Textile World. New York.
40. The Journal of Textile Institute. Manchester.
41. Verslagen en Mededeelingen van de Afdeeling Handel van het Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel. Haag.
42. Zeitschrift für die gesamte Textilindustrie. Leipzig.
43. Zellstoff und Papier. Berlin 1920.

b) Einzelschriften.

44. Abbey-Yates, R., The use of Urena lobata as a fibre material and as a possible substitut for jute. A review of existing information. — The agricultural Ledger 1908, p. 51—52.
45. Adalberth, E., Linet, des odling och beredning. Stockholm 1919.
46. Adam, I., Le cocotier en Afrique occidentale française. L'agriculture prat. des pays chauds. 1910.
47. Adam, I., Le Palmier à huile. Paris 1910.
48. Aisslinger, H., Beiträge zur Kenntnis wenig bekannter Pflanzenfasern. Dissertation. Zürich 1907.
49. Alefeld, Friedrich, Landwirtschaftliche Flora oder die nutzbaren kultivierten Garten- und Feldgewächse Mitteleuropas. Berlin 1866.
50. Aliotta, A., Rivista critica del genere Gossypium. Portici 1903.
51. Ambronn, H., Pleochroismus gefärbter Zellmembranen. Ber. Botan. Ges. (1888).
52. Ambronn, H., Über das optische Verhalten der Kutikula an den verkorkten Membranen. Ber. Botan. Ges. **6** (1888), 226.
53. Ambronn, H., Anleitung zur Benutzung des Polarisationsmikroskopes. 1892.
54. Ambronn, H., Über die Änderung des optischen Verhaltens der Zellulose bei der Nitrierung. Inaug.-Dissert. Jena 1914.
55. Aramburu, Tecnologia microscopica de fibras textiles. Madrid 1891.
56. Archer, T. C., Note on Piassabe. Journ. of Botany, VII.
57. Arnaudon, Sur les soies végétales. Moniteur scientif. 1893, p. 693 ff.
57a. Arndt, P., Alte und neue Faserstoffe. Berlin 1918.
58. Aubert, L., Some fibre plants of Upper Burma. Agric. Journ. India 1908.
59. Auer, Über die Bastfasern der Moraceen. Österr. Bot. Zeitschr. 1903, 53. Bd., S. 353.
60. Avitable, M. e Veronese, J., Il Chamaerops humilis o Palma nana. Sua importanza industriale. Caltagirone, Giustiniani 1910.
60a. Baessler, A., Südseebilder. Berlin 1895.
61. Bahr, M., Die Jute-Not. Landsberg 1914.
61a. Baines, J., History of cotton manufacture in Great Britain. London 1835.
62. Barba, R., El Hennequen en Yucatan. Mexiko 1895.
63. Barillé, Etudes des fibres textiles. Thèse. Straßbourg 1868.
64. Barillé, Notes sur les Penghawar Djambi et le Paku Kidang. Rep. de pharmac. 1892, p. 49.
65. Barfuß, „Über Brennesselfaser, Zellonieren, Lüstrieren und Bedrucken der Gewebe" in „Neue Faserstoffe" I, 1919, S. 181 bis 183 und 207—209.
66. Bartunek, R., Die Unterschiede beim Färben von Baumwolle, Flachs und Hanf. Textile Forschung. VI. Jg., I. Heft, 1924.
67. Bastide, L'alfa, végétation, exploitation. Oran 1877.
67a. Baumwollenfrage, Die. Denkschrift über Produktion und Verbrauch von Baumwolle, Maßnahmen gegen die Baumwollennot. Veröffentlicht vom Reichskolonialamt, Nr. 1. Jena 1911 ff.
68. Beadle Clayton u. Stevens, H. P., Untersuchungen über Esparto. Papierfabrikant, Fest- u. Auslandsheft 1910, S. 63—71.
69. Beauverie, Les textiles végétaux. Paris 1913.
70. Beccari, Asiatic palm — Annals of the Royal Botan. Garden Calcutta 1908, Vol. XI u. 1911, Vol. XII.
71. Beccari, O., Le palme che producono fibre di »Piassava« nel Madagascar. L'agricoltura colon. V, 1911, p. 320—324.
72. Beccari, Wanderings in the great forests of Borneo. Calcutta 1913.
73. Becker, F., Die Kunstseide. 1912.
74. Beckmann, I., Vorbereitung zur Warenkunde. 2 Bd. Göttingen 1793—1800.
75. Behne, Welche Anforderungen an Standortsbedingungen und Wirtschaftsorganisation stellt der Flachs. Vorträge über Flachs- u. Hanfbau, gehalten auf dem 1. Schlesischen Gespinstfasertag zu Breslau, 20. Januar 1925, S. 10—32, Breslau 1925.
76. Behrens, I., Die Pektingärung. — Lafar, Handbuch der techn. Mykologie, III. Bd. Jena 1904—1906, S. 269—286.
77. Behrens, H., Anleitung zur mikroskopischen Analyse. Leipzig—Hamburg 1896.
78. Benjamin, L. R., The manufacture of pulp and paper from Australian Woods. Bull. Inst. of Science and Industry of Australia 1923, No. 25.
79. Bennet, Wandering in New South Wales. London 1834.
80. Benoid, Etude sur la ramie. Dunod, Paris 1901.
81. Berger, A., Die Agaven. Beiträge zu einer Monographie. Jena 1915.
81a. Bernard, P., Le lin en France. Son passé, son présent, son avenir, sa culture. Amiens 1902.

82. Bernardin (Autorname fehlt am Titel), Nomenclature usuelle de 550 fibres textiles. Gand 1872.
84. Berteau, M., Note sur le Jute de Chine. L'agric. prat. des pays chauds, IX, 1909.
85. Berthet, I. A., Fibras de Espirradeira e Abutilon. Boletim de Agricultura, XI, 1910, p. 440—442.
86. Berthold, Über die mikroskopischen Merkmale der wichtigsten Pflanzenfasern. Mitteilungen aus dem Laborat. f. techn. Mikroskopie a. d. k. k. Techn. Hochschule. Wien 1883 (Beilage z. Zeitsch. f. landwirtschaftl. Gewerbe).
86a. Bertoni, G. T. y Jiménez, Catálogo descriptivo de los productos expuestos por la Estación Agronómica de Puerto Bertoni en la Exposición Internacional de Agriculture de Buenos Aires 1910.
87. Blanchet, A., Essai sur l'histoire du papier. Paris 1900.
88. Blazguez, I., The Maguays. Rev. Cientifica Mexicana 1879, Vol. I, No. 1.
89. Bley, G. F. J., Crotalaria usaramoensis als vezelplant. — Mededeelingen van den Culturtuin Buitenzorg, No. 12, 1919.
90. Bley, G. F. J., De Kapokcultuur op Java. Soerabaia 1911.
91. Blümner, Technologie u. Terminologie der Gewerbe und Künste bei den Griechen und Römern I, 1875, II. Aufl. I (1912).
92. Bluntschli, Rameh. Soerabaya 1911.
92a. Boeder, Erich, Der deutsche Flachs und seine Bewirtschaftung unter besonderer Berücksichtigung der Flachsröst- und Aufbereitungsindustrie. Dissertation. Würzburg 1922.
93. Böhm, Georg, Über die Feststellung der Reißlängen von Einzelfasern, bzw. Faserbündeln insbesondere von Flachs. Faserforschung **3** (1923), 218—228.
94. Boehmer, G. R., Technische Geschichte der Pflanzen, welche bey Handwerken, Künsten und Manufakturen im Gebrauch sind oder noch gebraucht werden können. 2 Bd. Leipzig 1794.
94a. Brenier, H. et Crevost, Ch., Le cocotier. Bulletin économique de l'Indo-Chine, No. 45, p. 815—860.
95. Brigham, The making of bark cloth in Hawai. — Memoirs of the Bernice Panahi Biskop Mus., Vol. III, No. 1. Honolulu 1911.
96. Brinkmeier, Der Hanf, 2. Aufl. Ilmenau 1886.
97. Briosi, Giov. e Tognini, F., Intorno alla anatomia della Canapa. (Cannabis sativa L.) Organi vegetativi. Atti dell' Istituto Botanico di Pavia. Ser. II, Vol. IV, 1896.
98. Brocadet, A. P., Plantes utiles du Brésil. Paris 1921.
99. Brooks, C. P., Cotton, its uses, varieties, fibre structure, cultivation. New York 1898.
100. Brosch, Der Flachs in der Flachsliteratur. Berlin 1922.
101. Brown, W. H., Philippine Fiber Plants. Bureau For. Bull. **19** (1919).
102. Bruck, W., Der Faserbau in Holländisch-Indien u. auf den Philippinen. Beihefte z. Tropenpflanzer. 1912.
103. Bruck, W., Die Sisalkultur in Deutsch-Ostafrika. Berlin 1913.
104. Bruck, W., Studien über den Hanfbau in Italien. Tropenpflanzer 1911, S. 129 ff.
105. Bruck, Fr., Juteersatz und Hanfbau. Berlin 1914.
106. Bruno, A., L'Industria dell' Alfa in Tunisia. Bull. Soc. Africana d'Italia, XXIX, 1910, p. 87—89.
106a. Bühler, Th., Paraguay-Baumwolle. Leipziger Monatsschr. f. Textil-Industrie, 41. Bd., 1926, S. 161.
107. Bülow, V., Die Tapabereitung. Intern. Archiv f. Ethnologie. 1899.
108. Burgerstein, A., Über pflanzliche Faserstoffe. 1884.
109. Burgerstein, A., Über Pflanzenfasern. 1878.
110. Burkett, C. W. u. Pol, C. W., Cotton, its cultivation, marketting, manufacture and the problems of the cotton world. New York 1906.
110a. Burkill, J. H. and Finlow, R. S., The Races of Jutes. — The Agric. Ledger. 1907, No. 6, p. 41—137.
111. Burret, Verwandtschaftsverhältnisse und Verbreitung der afrikanischen Grewia-Arten. Dissertation. Berlin 1910.
112. de Bussy, L. P., Enkele nieuwe gegewens over Java-jute. »De Indische Mercuur«, 6. Februar 1920.
113. Boerger, Albert, Leinsaat und Flachs am La Plata. Faserforschung III. Bd., 2. Heft, S. 73—112.
114. Bolley, L., Flax wilt and flax sick soil. Exp. Stat. North Dacota, 1901, No. 50.
115. Bolley, Chemische Technologie von Spinnfasern. Braunschweig 1867, S. 3.
116. Boname, P., L'industrie des fibres à Maurice. Journ. d'agriculture tropicale, IV, 1904, p. 67—70.
117. Booth, W. S., Mexican fibre or Ixtle. Kew Bull. of Miscell. Inform. 1890, p. 223.
118. Bottler, M., Die vegetabilischen Faserstoffe. Wien 1900.
119. Bouteron, Le coton d'Egypte. Congr. intern. d'agricult. Bruxelles. Sept. 1895.
120. Bowman, F. H., The structure of the cotton fibre in its relation to technical applications. London 1908.
121. Boyd, A. I., Sisal fiber industry in Queensland with notes on Mauritius hemp, Murva and the Mexican Zapupe fibre. III. Aufl. Brisbane 1910.
122. Bräuer, Die wirtschaftliche Bedeutung des Flachsbaues. Vorträge über Flachs- u. Hanfbau, gehalten am 1. Schlesischen Gespinstfasertag zu Breslau, S. 5—10. Breslau 1925.
122a. Bradbury, F., Flax culture and preparation. London 1920.
123. Brandes, Über die antiken Namen und die geographische Verbreitung der Baumwolle im Altertum. Leipzig (1866), 100.
124. Braun, A., Über die im Kgl. Museum aufbewahrten Pflanzenreste. Ethnogr. Zeitschr., Bd. 9, 1877.
124a. Braun, K., Beiträge zur Anatomie der *Adansonia digitata*. Dissertation. Basel 1900.

125. Braun, K., Die Agaven, ihre Kultur und Verwertung. Pflanzer 1906, Heft 14—20.
126. Braun, K., Abutilon indicum als Faserpflanze. Pflanzer 1909, Nr. 5.
127. Braun, K., Die Kunde-Bohne (Vigna sinensis) in Deutsch-Ostafrika. Pflanzer 1911.
128. Braun, K., Die Flechtereien der Eingeborenen in Deutsch-Ostafrika. Pflanzer 1911.
129. Braun, K., Über einige in Amani gezogene, Fasern und Flechtwerk liefernde Pflanzen. Pflanzer 1911, Nr. 7.
130. Braun, K., Kleine Notizen und Bewertungen über Deutsch-Ostafrikas Nutz- und Kulturpflanzen. Pflanzer 1912.
131. Braun, K., Reiswurzeln, Zacaton u. dgl. Pflanzer 1912, Nr. 8.
132. Braun, K., Securidaca longepedunculata. Pflanzer 1913.
133. Braun, K., Die Sisalagave. Pflanzer 1914.
133a. Bredemann, G., Einfluß der Erntezeit auf die Beschaffenheit der Leinsaat. (Faserforschung, 4. Bd., 1925, S. 234.)
133b. Bredemann, G., Die Bestimmung des Fasergehaltes in Bastfaserpflanzen bei züchterischen Untersuchungen. Faserforschung, 1922, 2. Bd., S. 251.
134. Bredemann, G., Über Faserausbeutebestimmungen bei Hanfzüchtung. Ang. Botanik, IV (1922), 223.
134a. Brunswik, H., Die Mikroskopie der Textilmaterialien („Textiltechnische Untersuchungen" v. Massot, 1. Bd.), Sammlung Göschen. Berlin u. Leipzig 1924.
134b. Bühler, Th., Zur Frage der Erweiterung der Baumwollklassierung durch exakte Materialuntersuchung. Faserforschung, 5. Bd., 1926, S. 205—226.
135. Caille, Belgique horticole. 1878.
136. Calvino, M., El Zapupe Vincent. Bol. Soc. Agricola Mexicana **36** (1912), 303.
138. Campell, F., A treatise on the cultivation of flax and hemp. Sydney 1868.
139. Camus, E. G., Les Bambusées. Paris 1913.
140. Cantzler, Kapok und seine Bedeutung. Deutsche Tropenbibl., Bd. 14, 1916.
141. Carbone, D. u. Tobler, F., Die Röste mit *Bacillus felsineus*. Faserforschung, II, 3. Heft, S. 163—184.
142. Carcenac, Du coton, du chanvre etc. Paris 1869.
143. Carter, H. R., Cordage fibres. London 1909.
144. Carter, H. A., Ramie, China grass. London 1910.
145. Carter, H. R., Jute and its manufacture. 1921.
145a. Carter, H. R., Flax and its products. London 1920.
146. Carthaus, E., Gambo-Hanf oder Javajute. Tropenpflanzer 1911, S. 223—225.
147. Catalogue des colonies françaises. Paris 1867 u. 1873.
147a. Chavannes, Les livres chinois avant l'invention du papier. Journ. Asiatique. Paris 1905.
148. Chaveau, C., L'industrie textile au Maroc; textiles d'origine végétale. — Vie tech. ind. 1920.
149. Chaudhury, N. C., Jute in Bengal. Calcutta 1908.
150. Chechi, M., La Palma Dum nella Colonia Eritrea. Bibliot. di studi colon. No. 11, Inst. Col. Ital. Roma 1910.
151. Christy, New Commercial Plants and Drugs: VI fibres. London 1882.
152. Claverie, P., L'arbre à papier de Tonkin (Cay Gio). Rev. des cultures coloniales, XIV, 1904, p. 175.
153. Claverie, P., L'Hyphaene coriacea, palmier textile de Madagascar. Compt. rend. acad. science, 138, p. 111—114. Paris 1904.
154. Claverie, Pascal, Etude morphologique et histologique des *Typhonodorum madagascariensis*, textile de Madagaskar. Revue général Botanique, XVIII, 1906, p. 97—109.
155. Claverie, P., Contribution à l'étude anatomique et histologique plantes textiles exotiques. (Passiflorées, Musacées, Palmiers, Aroïdées, et Cyperacées). Extrait des Annales du Musée Colonial de Marseille, 2. série, 7. vol. Marseille 1909.
156. de Clercq, F. S. A., Nieuw Plantkundig Woordenboek voor Nederlandsch Indië. Amsterdam 1909.
157. Cook, An account of the voyages. London 1778.
158. Copeland, E. Br., The cocoa-nut. 2. Aufl. 1921.
159. Corrêa, M. P., Fibras textiles e cellulose. Rio de Janeiro 1919.
160. Correns, E., Zur Kenntnis der Pektinstoffe des Flachses. Faserforschung I, 4. Heft, 1921, S. 229—240.
161. Coville, Fr. V., Indian Basketry. Americ. Anthropologist. Okt. 1892.
162. Cramer, C., Drei gerichtliche mikroskopische Expertisen, betreffend Textilfasern. Programm des schweizerischen Polytechnikums für das Jahr 1881 auf 1882.
163. Cross, C. F. and Bevan, E. J., Textbook of paper-making., 3. Aufl. London 1907.
164. Czapek, F., Biochemie der Pflanzen, II. Aufl., 3 Bd. Jena 1913 u. 1921.
165. Dalén und Wisbar, Jute, Manila und Adansonia. Mitt. Techn. Versuchsanstalt. Berlin 1902.
66. Dangers, Neue Gespinstpflanzen (*Abutilon avicennae, Laportea pustulata, Apocynum cannabinum, Asclepias cornuti*) Fühlings Landw. Ztg., 1880, Heft 4.
167. Dantzer, La fibre du murier. Revue générale de l'industrie textile V, 1920, p. 21—22.
167a. Davin, G. and Searle, G., A botanical study of the flax plant. The Journ. of the Textile Institute Manchester 1925, XVI.
168. Davis, Robert L., Flax-stem Anatomy in relating to retting. U. St. Dep. of Agric., Departm. Bull. No. 1185. Oct. 1923.
169. Deckers, J., Die deutsche Korbflechtindustrie. Dissertation. München-Gladbach 1912.
170. Delden, W. van, Studien über die indische Juteindustrie. München u. Leipzig 1915.
171. Denis, M., Le *Cyperus papyrus* L. — Agricult. coloniale 1920, V, 35, p. 133.
172. Deslandes, M., Le Rafia, exploitation, utilisation et commerce à Madagascar, Paris 1906.

173. Desruisseaux, P. A., Le Tambaho on Dalla des Iles Comores. L'agricult. prat. des pays chauds, X, 2 (1910), 513—515.
174. Deutscher Faserstoffkalender. Berlin 1919 u. 1921.
175. Dewey, H. L. and Goodloe, Marie, The strength of textile plant fibers. Dep. of Agriculture, Bureau of Plant Ind., 1913, Cir. 128 B.
176. Dewey, Principal commercial plants fibers. Yearbook of the Departm. of Agriculture. Washington 1903.
177. Dewey, L. H., Fibers used for binder twine. Yearbook of Department of Agriculture for 1911.
178. Dewey, L. H., Identity of fiber-agaves, in Verslag v. h. Vezelcongres, gehouden te Soerabaia van 3 tot 8 Juli 1911, Deel I, 1e ged., p. 124 (1915 ersch.).
179. Dewey, H. W., Names of Cordage fibers. Circular v. 19. Mai 1922.
179 a. Dewey, L. H., Hemp. Yearbook of Dep. of Agriculture 1913, p. 283—346.
180. Diels, L., Ersatzstoffe aus dem Pflanzenreich. Kap. Fasern von E. Ulbrich. Stuttgart 1918.
181. Dippel, L., Das Mikroskop und seine Anwendung. I. Teil, Braunschweig 1867. II. Teil, Braunschweig 1869.
182. Dippel, L., Die neuere Theorie über die feinere Struktur der Zellhäute. Teil 1. Abhandl. herausgegeben von der Senkenbergischen naturforsch. Ges., Bd. 10, S. 181—211.
183. Dippel, L., Die neuere Theorie über die feinere Struktur der Zellhäute. Teil 2. Abhandl. herausgeb. von der Senckenbergischen naturforsch. Ges., Bd. 11, S. 125—179. 1879.
184. Dischendorfer, Otto, Über das Zellulosereagens Kupferoxydammoniak. Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie **39** (1922), 97—121.
185. Dodge, Ch. R., A Report on the uncultivated bast fibres of the United States. U. S. Dept. of Agr., Fibre Investigations, No. 6. Washington 1894.
186. Dodge, The present stage of flax culture in the United States. Dept. of Agric. 1894.
187. Dodge, Ch. R., A catalogue of the useful fibre plants of the world. U. S. Departm. of Agr., Fiber-Plant Investigations, Report 9. Washington 1897.
188. Dodge, A Report on flax culture for seeds and fibre in Europe and America. U. S. Dept. of Agric. 1898.
188a. Dodge, Ch. R., A Report on the Culture of Hemp and Jute in the United States. U. S. Deptm. of Agric. Fiber Invest. Rept. 8. Washington 1896.
189. Drabble, E. and Scott, D. G., The structure and cultivation of the Ramie plants. Quart. Journ. Tropical Researches I, 1906, 2 Tafeln.
190. Drude, Zur Kultur einheimischer Faserpflanzen. Jahrb. d. Ver. f. ang. Botanik XVI, 1918 (ersch. 1919), S. 76.
191. Drummond and Prain, Notes on Agave and Furcraea. Agric. Ledger., 1906.
192. Dubard, M., Botanique coloniale appliquée. Paris 1913.
193. Dubard, M., Note sur le Boulouba, plante textile de l'Afrique centrale. L'Agricult. prat. des pays chauds., V, 2 (1906), 518 u. VI, 1 (1906), 254.
194. Dubard, M., Remarques sur l'origine botanique et la structure de quelques pailles à chapeaux de Madagascar. L'Agric. prat. des pays chauds, X, 2 (1910), 75—79.
195. Duchesne, Repertoire des plantes utiles et des plantes vénéneuses du globe. Nouv. édit. Bruxelles 1846.
196. Dunstan, W. R., Cotton cultivation in the British Empire and in Egypt. London 1904.
197. Dunstan, W. R., Buazé fibre from Nyassaland. Bull. Imp. Inst. London, IV, 1908, p. 19—22.
198. Dunstan, W. R., Jute und Jute substitutes from West-Africa. Bull. Imp. Institut. London, IV, 1908.
199. Dunstan, W. R. and Burkill, I. H., Papers relating to fibre of *Marsdenia tenacissima*. Agric. Ledger. XI, 1904, p. 111—114.
199a. Eberhard, Flachs und Hanf. Badische Landwirtschaftskammer. Karlsruhe 1925.
200. von Ebner, V., Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organischer Substanzen. Leipzig 1882.
201. Edwards, H. T., Sisal and Henequens binder-twine fibres. U. St. Dep. of Agric., No. 790, 1918.
202. Edwards, H. T. and Saleeby, M. M., Abacá (Manila hemp). Philipp. Bur. Agric. Farmers Bull. 12, 1910.
203. van Eeden, F. W., Houtsoorten van Nederlandsch Oost-Indië. Koloniaal Museum. Haarlem 1887.
204. van Eeden, F. W., Plantaardige Vezelstoffen. Beschrijvender Catalogus van het Koloniaal Museum, 1887.
205. van Eeden, F. W., De Manila hennep. Bull. Col. Mus. Haarlem 1895.
206. Ehrlich, F., Die Pektinstoffe und ihre Konstitution. Chemiker-Ztg., **41** (1917), 197.
207. Einöhrl, A., Textile Handelskunde. Wien 1907.
208. Einstein, M., Deutsch-Ostafrikanischer Hanf. Tropenpfl. 1909, 13. Bd., S. 22, 1910, 14. Bd., S. 439.
209. Endlich, R., Die Zakatonwurzel. Tropenpflanzer X, 1906, 369—382.
210. Endlich, R., Der Ixtle und seine Stammpflanzen. Tropenpflanzer, Beiheft IX, 1908.
211. Endlich, R., Die Zapupekultur in Mexiko. Tropenpflanzer 1908, S. 155—178.
212. Engler, Die Pflanzenwelt Ostafrikas und der Nachbargebiete. Berlin 1895.
213. Engler, A., Die Vegetation der Erde. Sammlung pflanzengeograph. Monographien. Verlag Engelmann, Leipzig.
214. Engler u. Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien. Leipzig.
215. Erben, Über die Gewinnung eines brauchbaren Spinnmateriales aus Ramie und Chinagras. Zeitschr. f. d. ges. Textilindustrie. Leipzig 1906—1907.
216. Ernst, A., Die Produkte Venezuelas. Bremen 1874.
217. Ernst, A., A descriptive catalogue of the Venezuelan Department. Phil. Int. Exhib. 1876.

218. Ernst, A., La exposicion nacional de Venezuela en 1883. Caracas 1886.
219. Esmarch, F., Beiträge zur Anatomie der gesunden und kranken Kartoffelpflanze. I. Anatomie der vegetativen Organe. Landwirtschaftl. Jahrb. 54. Bd. Berlin 1919, S. 161—266.
219a. Farmakowsky, N., Einheitl. Flachsverarbeitung — das Mittel zum Aufstieg. Faserforschung, 5. Bd., 1926, S. 186—192.
220. Fasio, F., La décortication mécanique de l'aloës et l'exploitation industrielle de l'Agave en Algérie. Algier 1903.
221. Favre, J. H., La ramie. Tunis 1884.
222. Favier, P. A., Note industrielle sur la ramie. Avignon 1882.
223. Favier, P. A., Nouvelle industrie de la ramie. Paris 1886.
224. Fawcett, Wm., An index to the economic plants of vegetable Kingdom in Jamaica. 1891.
225. Fehlinger, H., Die Abakakultur auf den Philippinen-Inseln. Tropenpflanzer, XI, H. 2.
226. Fellenberg, Th. v., Über die Konstitution der Pektinkörper. Biochemische Ztschr. 85 (1918), 118.
227. Ferguson, J., All about the coconut palm. Colombo 1906.
228. Fermin, Übersicht der Kolonie Surinam, Deutsch von Canzler. Göttingen 1788, S. 90.
229. Fesca, Der Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen. Berlin 1904.
230. Fiedler, K., Die Materialien der Textilindustrie, 3. Aufl. Leipzig 1921.
231. Finsch, O., Südseearbeiten: Gewerbe und Kunstfleiß, Tauschmittel und Geld der Eingeborenen auf Grundlage der Rohstoffe und der geographischen Verbreitung. Abhdlg. d. Hamburg. Kolonialinstit., Bd. XIV (Reihe B, Bd. 9), 1914.
232. Flax substitutes. — Bull. Imp. XVIII, 1920, p. 296.
233. Fleischer, M., Torfstreu, 2. Aufl. 1890.
234. Foaden, Cotton Culture in Egypte. Bull. U. S. Dept. of Agriculture. Washington 1897.
235. Forbes, W. T., Ramie. New York 1886.
236. Faucon, J., Quelques fibres textiles indochinoises. L'agricult. prat. des pays chauds. Paris 1908, VIII, p. 14.
237. Förster, August, Über Torfwolle. Zeitschrift f. d. ges. Textilindustrie. 1898/1899, Nr. 9, 10. 11.
238. Frenzel, W., Über einige juteartige Fasern. Leipz. Monatsschr. f. Text.-Ind. 1922, Heft 6.
239. Frenzel, W., Over twee jute-achtije vezels. Textielind. 1921, 2, 12, p. 474.
239a. Frey, A., Die submikroskopische Struktur der Zellmembranen. Jahrb. f. wiss. Bot., 65, 1926, S. 195—223.
239b. Freudenberg, W., Die Textilrohstofffragen in Kriegs- und Übergangswirtschaft. Dissertation. Greifswald 1920.
239c. Freudenthal, J., Der deutsche Hanf. Versuch eines wissenschaftlichen Beitrags zur deutschen Wirtschaftspolitik. Dissertation. Würzburg 1923.
239d. Freudenthal, J., Die Rolle des Hanfs im deutschen Wirtschaftsleben. Faserforsch., 5, 1926, S. 63—146.
240. Friboes, W., Beiträge zur Kenntnis der Jute. Rostock 1907.
241. Frommel, A. Th., Estudio anatomico de las plantas chilenas. Memoria de Prueba de la Universidad de Chile. Santiago de Chile 1905.
242. Fron, Commission d'étude de la ramie. L'agriculture prat. des pays chauds. 1901 bis 1902, p. 12.
243. Frost, J., Flachsbau und Flachsindustrie in Holland, Belgien und Frankreich. Berlin 1909.
244. Fruwirth, C., Die Züchtung kolonialer Gewächse, 2. Aufl. 1923 (Handb. der landwirtschaftl. Pflanzenzüchtung, V.), 1. Aufl. 1912.
245. Fruwirth, C., Neue Pflanzen auf dem Acker. Vortrag. Schriften d. Ver. z. Verbr. naturw. Kenntnisse. Wien 1919, S. 89—116.
246. Fruwirth, C., Die Züchtung von Kartoffel, Erdbeere, Lein, Hanf, Tabak, Hopfen, Buchweizen, Hülsenfrüchten und kleeartigen Futterpflanzen, 4. Aufl. Berlin 1922. (Handb. d. landwirtschaftl. Pflanzenzüchtung, III. Bd.)
247. Fürst, C., Torfstreu, 2. Aufl. 1892.
247a. Ganswindt, A., Synthetische Wolle. Leipziger Monatsschr. f. Textil-Ind., 41. Bd., 1926, S. 239.
248. Gee, Monogr. fibrous material of Panjab. Bombay 1891.
249. Gee, Japanese floor mattings. Journ. Soc. of arts, 1892, p. 919.
250. Gentner, G., Pfahlbauten und Winterlein. Faserforschung I, 1921, S. 94—101.
250a. Gil, A., Los textiles de la Republica Argentina. Bol. d. Min. d. Agric. Buenos Aires 1905, 3, p. 352—354.
251. Girola, C. D., Las plantas textile de la republica Argentina. Buenos Aires 1903.
252. Girola, C. D., El Algodonero (Gossypium), su Cultivo en las varias partes del mundo. Buenos Aires 1910.
252a. Girola, C. D., El Yute. Rev. d. l. fac. de Agron. y Veterin. d. C. Univ. de la Plata, IV, 1908, p. 25—41.
253. Glafey, H., Rohstoffe der Textilindustrie, 2. Aufl. Leipzig 1921.
254. Godefroy-Lebeuf, A., Les Sanseveria gigantesques de l'Afrique orientale et leurs fibres. Paris 1902.
255. Gordils, I. V., Cultivo de la Ramie en Venezuela. Caracas 1886.
255a. Graebner, P., Medlewska, E. u. Zinz, A., Typha als Nutzpflanze. Angew. Botanik, I, 1919, S. 30—48 u. 98—103.
255b. Graebner, Geschichte des Hanfs. In „Der deutsche Hanfbau". Deutsche Landwirtschaftl. Presse, 1922, Nr. 16, 17, 18.
256. Grafe, V., Ernährungsphysiologisch. Praktikum der höheren Pflanzen. P. Parey, 1914, S. 172.
257. Greilach, H., Zur Anatomie des Blattes der Sanseviera und über Sansevierafaser. Österr. bot. Zeitschr. 1901, Nr. 4, S. 132.
258. Gravis, A., Recherches anatomiques sur les organes végétatifs de l'Urtica dioica. Bruxelles 1885.

259. Green, E. L., Notes on certain silkweeds, Asclepias Meadii, obtusifolia, Sullivantis, speciosa, Cornuti, unciala. Bot. Gaz. 1888, p. 64.
260. Grothe u. Bouché, Chinagras u. Nesselfaser, 2. Aufl. Berlin 1889.
261. Groud, Ch., Les nouvelles matières premières de papeterie. Vie techn. ind. **3**, **25** (1921), p. 13.
262. Groud, Ch., Les papiers d'Ecorce. Le papier, 1921, No. 1, p. 4—7.
263. Groud, Ch., Textile palms. Rev. Text. **19** (1921), No. 7, 842—843.
264. de Guérard, G., Emploi d'aigrettes et de la filasse d'Asclepiade (Asclepias syriaca). Revue des cultures coloniales XV, 1905, p. 18—20.
265. Guilfoyle, H., Fibres from plants, eligible for industrial culture and experiments in Victoria. Melbourne 1894.
266. Gürcke, Die Kultur und Produktion des Sisalhanfs. Zeitschr. f. d. gesamte Textilindustrie. Leipzig 1897—1898.
267. Gürke, Die Bedeutung der Ramiekultur für unsere Kolonien, insbesondere für Kamerun. Tropenpflanzer III, 1899, S. 471.
268. Gürke, M., Die Faserpflanzen Ostafrikas und ihre Verwertung. Deutsch-Ostafrika, Bd. V, Engler, Pflanzenwelt Ostafrikas und der Nachbargebiete. B. Berlin 1895, X, S. 359—395.
269. Guzmán, I., 100 textiles económicos del Salvador. Ann. Mus. Nac. Salvador IV, 1910, p. 268—276, V, 1911, p. 331—336.
270. Hacker, W., Die Klassifizierung der Baumwollsorten in Handel u. Industrie. Manufakturist 1921, Nr. 3, S. 168.
271. Halama, M., Faserverwertung aus Eßbananenstämmen. Faserforschung II, 1922, S. 272—276.
272. Halama, M., Untersuchungen über Manilahanf. Faserforschung I, 1921, S. 169.
273. Halama, Marta, Zur Kenntnis der Handelsgeschichte und des Handels von Manilahanf. Faserforschung, III, 1923, S. 12—21.
273a. Halama, Marta, Zum Problem und zur Praxis der Cotonisierung. Faserforschung, 5. Bd., 1926, S. 179—186.
274. Haller, Beiträge zur Kenntnis der toten Baumwolle. Chemiker-Ztg. (1908).
275. Haller, R., Ersatzfaserpflanzen. Kunststoffe 1915, Nr. 22, S. 253.
276. Haller, R., Mikroskopische Diagnostik der Baumwollarten. Wittenberg 1919.
277. Haller, R., Nachweis der Typhafasern in Gespinsten u. Geweben. Neue Faserstoffe **13** (1919), 160—164.
278. Hamilton, A., The art workmanship of the Maori Race in New Zealand. Dunedin 1896.
279. Hammond, H., Handlings and uses of cotton. Washington 1896.
280. Hannan, W., The textile fibres of Commerce. London 1902.
281. Hanausek, Ed., Raphia-Fasern. Zeitschr. des Allg. österr. Apotheker-Vereines. 1879, Nr. 12, 14.
281a. Hanausek, Ed., Papier aus Musa paradisiaca. 7. Jahresber. Wiener Handelsakademie 1889, S. 185.
282. Hanausek, Ed., Über Festigkeits-Versuche an Gespinstfasern nebst allgemeinen Bemerkungen über deren physikalische Charakteristiken. Wien 1876.
283. Hanausek, T. F., Die Raphiafaser. Ber. d. Bot. Gesellsch., III, 1885, S. 152.
284. Hanausek, T. F., Neuerungen in der Warenkunde. Chemiker-Ztg. Cöthen 1894, S. 1419.
285. Hanausek, T. F., Lehrbuch der technischen Mikroskopie. Stuttgart 1900.
286. Hanausek, T. F., Beiträge zur mikroskopischen Untersuchung der Papierfasern. Wien 1901.
288. Hanausek, T. F., Einige Bemerkungen zu R. Sadebeck, Über die südamerikanischen Piassavearten. Ber. D. Bot. Gesellsch. XX, 1902, S. 83.
289. Hanausek, T. F., Technisch-mikroskopische Untersuchungen. Mitteilungen des Technologischen Gewerbemuseums in Wien. 1905.
290. Hanausek, T. F., Über einige besondere Papierbestandteile. Papierfabrikant 1910.
291. Hanausek, T. F., Über die Caravonicawolle. Mitt. d. Technolog. Gewerbemuseums. Wien 1910.
292. Hanausek, T .F., Zur Mikroskopie einiger Papierstoffe. Papierfabrikant 1911.
293. Hanausek, T. F., Zur Mikroskopie der Papierstoffe. 14. Ullagras-Zellulose. Papierfabrikant 1911, Fest- u. Auslandsheft.
294. Hanausek, T. F., Zur Mikroskopie einiger Papierstoffe. Papierfabrikant 1911. 8. Bharburgras (Ischaemum angustifolium).
295. Hanausek, T. F., Zur Mikroskopie einiger Papierstoffe. 3. Bambuszellstoff. Der Papierfabrikant. Berlin 1911.
296. Hanausek, T. F., Esparto-Zellulosen. Zur Mikroskopie einiger Papierstoffe. Nr. 16, Papierfabrikant. Fest- u. Auslandsheft 1912, S. 31.
297. Hanausek, T. F., Über die Abstammung der Para-Piassave. Ber. D. Bot. Gesellsch., **34** (1916), S. 247—249.
298. Hanbury, On Penghawar Djambi a new styptic. Science papers, 1856, p. 120.
299. Handbuch der Strohhut- und Damenfilzhut-Fabrikation. I. Teil. Berlin 1916.
300. Hannover, H. I., Tekstil-Industri I. Kopenhagen 1924.
301. Hartig, K. E., Über die Festigkeitseigenschaften faseriger Gebilde. Dinglers Polytechn. Journ., 233. Bd., 1879, S. 191.
302. Hartig, Th., Die Naturgeschichte der forstlichen Kulturgewächse. Berlin 1851.
303. Harting, G., Eine funktional-statistische Analyse des Baumwollpreises. Leipziger Monatschr. f. Textilind., Nr. III, 1924, 39. Bd., S. 47—57.
303a. Hartwich, C., Botanisch-mikroskopischer Teil d. Handbuch d. Nahrungsmitteluntersuchung v. Beythien, Hartwich u. Klimmer. II. Bd. Leipzig 1915. Kap. Fasern u. Papier, S. 381—438.

304. Hassack, Ramie, ein Rohstoff der Textilindustrie. Jahresber. der Wiener Handelsakademie. 1890.
305. Hassack, C., Die Ramie. Zeitschr. f. d. ges. Textilindustrie. 1898—1899.
306. Hassack, C., Wodurch unterscheiden sich die Textilfasern? Leipzig 1900.
307. Hausding, Industrielle Torfgewinnung und Torfverwertung. Berlin 1876.
308. Hausding, Handbuch der Torfgewinnung und Verarbeitung. Berlin, 5. Aufl.
309. Hautefeuille, L., L'agave textile. Bull. économ. de l'Indo-Chine (Hanoi) 1907, S. 649—710.
310. Hautefeuille, Fibres des Baniers. Journ. d'agric. tropic. VIII. 1908.
311. Havard, V., Basket-work of North American Indians. Garden and forest, III. New York 1890.
312. Havenstein, Beiträge zur Kenntnis der Leinpflanze und ihrer Kultur. Diss. Göttingen 1874.
313. Hayek, A., Zur Blattanatomie von Lygeum spartum und Macrochloa tenacissima. Österr. Bot. Ztschr., 1902, S. 1.
314. Heckel, E., Les plantes utiles de Madagascar. Ann. du musée coloniale de Marseille. 1910.
316. Hecker, A., Beiträge zur rationellen Kultur des Leines. Inaug.-Diss. 1897.
317. Hector, I., Handbook of New Zealand 1883.
318. Hector, I., Phormium tenax as a fibrous plant. New Zealand 1889.
319. Heer, O., Die Pflanzen der Pfahlbauten. (Neujahrsbl. der naturf. Gesellsch. in Zürich 1866.)
320. Heer, O., Über den Flachs und die Flachskultur im Altertum. Neujahrsblatt der naturforschend. Gesellsch. in Zürich 1872, LXXIV.
322. Heermann, Mechanisch u. physikalisch-technische Textiluntersuchungen. 2. Aufl. Berlin 1923.
323. Hehn, Kulturpflanzen u. Haustiere, 6. Aufl. 1894.
324. Heine, C., Die Baumwolle, ihre Kultur, Ernte, Verarbeitung und der internationale Baumwollhandel. Leipzig 1908.
324a. Heinke, Das Spinnpapier. Dresden 1919.
325. Hempel u. Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes. Wien 1889—1900.
326. Herig, Fr., Die Verarbeitung des Schilfrohrs (Phragmites communis Trin.) auf Zellstoff. Zellulosechemie I, 1920, Nr. 8, 9.
327. Herzberg, W., Papierprüfung. 5. Aufl. Berlin 1921.
328. Herzog, A., Beiträge zur Kenntnis der Flachsfaser. Österr. Chemiker-Zeitung, N.-F. I, 1898, S. 310.
329. Herzog, A., Die Flachsfaser in mikroskopischer und chemischer Beziehung. Trautenau, 1896.
330. Herzog, A., Über die Bastzellen aus dem Hypocotyl der Flachspflanze. Zeitschr. f. Farben- u. Textilindustrie, Sorau, **3** (1904), 377.
332. Herzog, A., Zur Kenntnis des russischen Steppenflachses. Textil- u. Färberzeitung, 1904, II, S. 838.
333. Herzog, A., Über die Eigenschaften der Chinajute. Deutsche Seilerzeitung 1905.
334. Herzog, Alois, Mikrophotographischer Atlas der technisch wichtigen Faserstoffe. München 1908.
335. Herzog, A., Über das mikroskopische Verhalten der Baumwolle und Kupferoxydammoniak, Kunststoffe, **1** (1911).
336. Herzog, A., Zur Kenntnis der Eigenschaften einiger künstlicher Roßhaarersatzstoffe. Kunststoffe I, 1911.
337. Herzog, A., Textile Erzeugnisse aus Kapok. Tropenpflanzer 1912, S. 185.
338. Herzog, A., Über die Bastfasern von *Gomphocarpus fructicosus* Dryand. Tropenpflanzer 1912, S. 113—125.
339. Herzog, A., Zur Unterscheidung echter u. imitierter Makobaumwolle. Kunststoffe, Bd. 5, 1913.
340. Herzog, A., Mikroskopische Studien über Baumwolle. Chemiker-Ztg. (1914).
341. Herzog, A., Zur Unterscheidung d. Seilerfasern. Tropenpflanzer (1914), S. 117—136.
342. Herzog, A., Über Ananasbatist. Leipzig. Monatsschr. (1916), 149.
343. Herzog, A., Über den Glanz der Faserstoffe. Kunststoffe, 6 (1916).
344. Herzog, A., Was muß der Flachskäufer vom Flachsstengel wissen? Sorau 1918.
345. Herzog, A., Die Weidenfasern. Mitteil. Sorau I, Nr. 8 u. 9 (1919) 53—56, 61—62, 3 T.
346. Herzog, A., Über den anatomischen Bau des Stengels der Teichbinse. Mittl. Forsch.-Stelle Sorau (1919), 5—7.
347. Herzog, A., Trocknungsdauer von ungequetschtem und gequetschtem Röstflachs. Mitt. Forsch.-Inst. Sorau, **2** (1920), 36.
347a. Herzog, A., Über die physikalischen Veränderungen d. Flachsfaser beim Merzerisieren. Mitt. Forsch.-Inst. Sorau, I (1920), 83.
348. Herzog, A., Zur Kenntnis der Kartoffelfasern. Textile Forschung, II (1920), 1. Heft.
349. Herzog, A., Über die Ursachen des Stumpfwerdens der Flachsfaser bei der künstlichen Trocknung des Röstflachses. Mitt. Forsch.-Inst. Sorau, **2** (1920), 38.
350. Herzog, A., Der Wassergehalt der ausgearbeiteten Flachsfaser. Mittl. Forsch.-Inst. Sorau, II.
351. Herzog, A., Die Feststellung der Röstreife des Flachses. Faserforschung I (1921), 147.
352. Herzog, A., Prüfung der Gespinstfasern. Lunge-Berl, Chemisch-techn. Untersuchungsmethoden. IV. Bd., 7. Aufl. Berlin (1924), 500—581.
353. Herzog, A., Die mikroskopische Untersuchung der Seide mit besonderer Berücksichtigung der Erzeugnisse der Kunstseideindustrie. Berlin 1924.
354. Herzog, A., Die Drehung des Baumwollhaares. Leipziger Monatsschrift für Textilindustrie, **39** (1924), 284.
355. Herzog, A., Über das optische Verhalten der Baumwolle. Leipziger Monatsschrift f. Textilindustrie, **39** (1924), 409.
356. Herzog, A., Die Unterscheidung von Baumwolle und Leinen, 2. Aufl. Sorau 1904.

357. Herzog, R. O. u. Jancke, W., Über den physikalischen Aufbau einiger hochmolekularer Verbindungen. Ber. Chem. Ges., **53** (1920), 2162.

358. Herzog, R. O. und Jancke, W., Verwendung von Röntgenstrahlen zur Untersuchung metamikroskopischer biologischer Strukturen. Festschrift der Kaiser-Wilhelms-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften zu ihrem 10jährigen Jubiläum. Berlin (1921), 118.

359. Herzog, R. O. und Jancke, W., Röntgenspektrograph. Untersuchungen hochmolekularer organischer Verbindungen. Z. f. angew. Chemie, **34** (1921), 185.

359a. Herzog, R. O., Zur Kenntnis der Zellulosefaser. Ber. Chem. Gesellsch., 1925, Nr. 7, S. 1254.

360. Hetz, Geschichte und Verwertung der Korbweide. Korbmacherzeitung 1897, III, S. 1—4.

361. Heuser, Otto, Der deutsche Hanf. Bücherei der Faserforschung, herausgeg. v. Tobler, Fr., III, S. 1924.

362. Heuser, Otto, Untersuchungen über den Anteil der männlichen und weiblichen Hanfpflanzen an der Erntemasse. Faserforschung IV (1924), S. 43.

363. Heyd, W., Geschichte des Levantehandels im Mittelalter (1879), 574.

364. Heyne, K., De nuttige Planten van Nederlandsch-Indië, Bd. I, 2. Druck 1922; Bd. II, 1. Aufl. 1916; Bd. III (1917); Bd. IV (1917).

365. Hill, St. T. J., Fibres of Trinidad. U. S. Consular Report No. 125. Washington 1891.

366. Hillebrand, W., Flora of the Hawaiian Islands. New York and Heidelberg 1888.

367. Hillier, J. M., Lalang grass *(Imperata arundinacea* Cyrill) Kew Bull. (1909), 55—59.

367a. Hindorf, R., Der Sisalanbau in Deutsch-Ostafrika. Berlin 1925.

368. Höhnel, F., Über den Bau und die Abstammung der Tillandsiafaser. Dinglers Polytechn. Journ., **234** (1879).

369. Höhnel, F., Beiträge zur technischen Rohstofflehre. Dinglers Polytechn. Journ., **251** (1884), 275.

370. Höhnel, Fr., Über den Einfluß des Rindendruckes auf die Beschaffenheit der Bastfasern der Dicotylen. Pringsheims Jahrb. f. wissensch. Botanik, **15** (1884), 311—326, Taf. XIII—XV.

371. Höhnel, Fr. v., Über das Verhalten der vegetabilischen Zellmembran bei der Quellung. Ber. Botan. Ges. **2**, 41—51 (1884).

372. Höhnel, Fr. v., Über einige technisch wichtige Eigenschaften der Textilfasern und über die Verkürzung der Seile im Wasser. Dinglers polyt. Journal, **252** (1884).

373. Höhnel, F., Über die Bedeutung der Pflanzendunen. Dinglers polytechn. Journ., **262** (1886), 164.

374. Höhnel, Fr. v., Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe, 2. Aufl. Wien 1905, 1. Aufl. 1887.

375. Höhnel, Fr. v., Über die Fasern aus Föhrennadeln. Zentral-Organ f. Warenkunde u. Technologie 1891, Heft 4.

376. Höhnel, Fr. v., Zur Mikroskopie der Hanf- und Flachsfaser. Zeitschr. f. Nahrungsmitteluntersuchung, Hygiene u. Warenkunde. 1892, S. 30.

377. Höhnel, Fr., Beitrag zur Mikroskopie der Holzzellulosen.; Mitt. d. Techn. Gewerbemuseums, Wien 1891.

378. Höhnel, F., Die Unterscheidung der pflanzlichen Textilfasern. Dingl. Polyt. Journ., **246**.

379. Hoffmeister, C., Die Typhafaser, ein neuer Faserstoff. Flachs und Leinen, Trautenau, XI, Nr. 122, S. 1899.

380. Hoernle, A. I. R., An epigrapical note on palm-leaf, paper and berch-bark. Journal Asiatic Society of Bengal, **69** (1900), Part I, No. 2.

381. Hönig, F., Beiträge zur Kenntnis der hygroskopischen Eigenschaften der Textilfasern unter Berücksichtigung der Entwicklung der Trocknungsapparate, -verfahren und -anstalten. Forschungsarbeiten v. deutsch. Forschungsinstitut für Textilindustrie in Dresden, Heft 3, 4, 5. Dresden 1918.

382. Hooper, G., Aquilaria Agallocha (Eagle or Aloe wood). Agric. Ledger., 1904, XI, 1—10.

383. Hooker, On Piaçaba and coquilla nuts (Attalea funifera). Pharm. Journ. IX (1850), 431—432.

384. Horst, W. A., Studien über den Gambohanf. Faserforschung IV (1924), 61—124.

384a. Hottenroth, V., Die Kunstseide. Leipzig 1926.

385. Hoyer, L'extraction du Coir à Ceylon et au Malabar. Journ. d'agriculture tropicale. VII (1907), 47—49.

385a. Hoyer, F., Die Eucalyptusarten als Zellstofflieferanten. Papierfabrikant 1925, H. 32, S. 509.

386. Hubert, P., Le cocotier. Paris 1906.

387. Humboldt, Alex., Ansichten d. Natur, 3. Aufl.

388. Hunger, F. W. T., Cocos nucifera. Amsterdam 1916.

389. van Iterson, G. jun., De cultuur, bereiding en wetenschappelijke keuring der technisch belangrijke Indische vezelstoffen. De Indische Mercuur, XXIII (1910), 311.

390. van Iterson, G., De Vezelcultuur op Java en het Vezelcongress Soerabaia 1911. Verslagen en Mededeelingen van de Afdeeling Handel van het Departement van Landbouw. Nijverheid en Handel (1913), No. 1.

391. van Iterson, G. jun., Vezelstoffen. 2. Aufl. Haarlem 1922 (Onze koloniale Landbouw. XII).

393. van Iterson, G., Die mikroskopische Unterscheidung v. Bromeliafasern und einiger wichtiger Hartfasern. Angew. Botanik, VI (1924), Heft 2, 58—76, 4 Tafeln.

394. van Iterson, G., Arghan-Vezel. De Textilindustrie, Bijblad van 16. August 1923, p. 16.

395. Jenčič, A., Beiträge zur Kenntnis der Bastfasern der Thymelaeaceae. Österr. bot. Zeitschrift 1902, Nr. 4 u. 6, S. 151 u. 228.

395a. Jenčič, A., Zur Kenntnis d. Bambuspapieres, Wien (Selbstverlag) 1910.

396. Jentsch, Der Hanfbau. Arbeiten d. landwirtschaftl. Vereins zu Breslau, 1. Heft. Breslau (1925), 41.
397. Johannsen, O., Die Verarbeitung der Faserstoffe, in Miethe, Die Technik im zwanzigsten Jahrhundert, II. Braunschweig 1912.
398. Johannsen, O., Handbuch der Baumwollspinnerei, Rohweißweberei u. Fabrikanlagen. 2 Bd. Leipzig 1902.
399. Jumelle, H., Trois plantes à corderie de Madagascar. Revue des cultures coloniales, XIII (1903), 38—46.
400. Jumelle, H., Plantes utiles ou intéressantes de Madagascar. Ann. du Musée col. de Marseille (1907), 346—362.
401. Jumelle, H. et Perrier de la Bâthie, H., Un palmier à Piassava de Madegascar, L'Agricult. prat. des pays chauds, X, **1** (1910), 289—294.
402. Junghuhn, Java. Übersetzt von Hasskarl.
403. Karabaček, Das arabische Papier, II. u. III. Bd. Die Mitteilungen aus der Sammlung des Papyrus Erzherzog Rainer. Wien 1887.
404. Karpelès, J., La ramie en Indo-Chine. Journ. d'agricult. trop. (1906), 148.
405. Karpelès, J., La ramie dans l'Inde. Journ. d'agric. trop. (1906), 173.
406. Kaufmann, Über die Faser von *Asclepias cornuti*. Zeitschrift der Moskauer landwirtschaftl. Gesellschaft 1865.
407. Keer, H. Ch., Report on the cultivation and trade of Jute in Bengal and on Indians fibres available for the manufacture of paper. Calcutta 1877.
408. Kindt, L., Über Agaven in Deutsch-Ostafrika. Tropenpflanzer, X (1906).
408a. Kleine, Die Baumwolle, ihre Kultur, Ernte, Verarbeitung und der internationale Baumwollhandel. Leipzig 1908.
409. Kluyver, A. J., en Raden Mas Iso Reksohadiprodjo, Klappervezel en Klappergarennijverheid. Koloniaal Institut Amsterdam, Mededeel. XX, Afdeel. Handelsmuseum.
410. Koch, C. J., Die wirtschaftliche Bedeutung der Halfapflanze. Tropenpfl. (1914), 59—79.
411. Koller, R., Heimische Ersatzstoffe, Mitt. d. techn. Versuchsamtes Wien (1920), 64.
412. König, Der Baumwollmarkt. Berlin 1919.
413. König, P., Der Manilahanf. Sammelmappe „Deutschland und die weltwirtschaftl. Lage". Auswärtiges Amt, Abt. X, Blatt 124/II u. 140/II.
414. Koenig, P., Faserstoffe der britischen Kolonien. D. Deutsche Leinenindustrielle (1920), 42, S. 597/98.
414a. König, P., Die Hanfversorgung Deutschlands. Jahrb. d. Deutsch. Landw. Ges., 1921.
415. Koerner, Fr., Erkennungsmerkmale und Eigenschaften von acht überseeischen f. Seile und Taue verwendeten Fasern. Mitt. a. d. Mat.-Prüf.-Amt Lichterfelde, **31** (1913), 405.
417. Körnicke, F., Bemerkungen über den Flachs des heutigen und alten Ägyptens. Ber. Bot. Ges. VI (1888), 380—384.
418. Koernicke, M., Über die Kulturmöglichkeit d. Rotang. Tropenpflanzer (1908), 23—38.
419. Kohl, Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in den Pflanzen. Marburg 1889.
420. Koop, Anatomie des Palmenblattes Bot. Ztrbl. Beih. (1907), XXII, Abt. 1, S. 85—159.
421. Koorders, S. H., Exkursionsflora von Java. 4 Bd. Jena 1911—1922.
422. Koorders en Valeton, Flora van N.-O.-Celebes. 1898.
423. Korn, Untersuchungen über die technisch-mikroskopische Unterscheidung einiger Fasern, insbesondere der Leinen- u. Hanffaser. Diss. Dresden. Jahresber. d. Ver. f. angew. Botanik **7** (1909), 189.
424. Kottur, G. L., Kumpta' cotton and its improvement. Memoirs Dept. Agrc. India, Bot. Ser., 1920, X.
425. Krabbe, G., Ein Beitrag zur Kenntnis der Struktur und des Wachstums der vegetabilischen Zellhäute. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, **18**, 346—421.
426. Krais, P., Über den Feuchtigkeitsgehalt und die Frage der Konditionierung der Jutegarne. Textile Forschung 1922, Heft 2.
426a. Kränzlin, G., Bleichversuche an verschiedenen Flächsen. (Faserforschung, 4. Bd., 1925, S. 200—212).
427. Krais, P., Textilindustrie. Technische Fortschrittsberichte, Bd. III. Dresden u. Leipzig 1924.
427a. Krais, P., Werkstoffe. Handwörterbuch der technischen Waren u. ihrer Bestandteile. 1. Bd., Leipzig 1920/21.
428. Krämer, Elisabeth, Beträge zur Kenntnis des Winterleins. Faserforschung, 3. Bd. (1923), 181—217.
429. Kress, O. and Wells, S. D., The suitability of second cut cotton, linters, cotton shavings and hull fibre for paper manufacture. Cotton Oil P., III, **3** (1919), 27.
430. Krüger, W., Wimmer, G. u. Bredemann, G., Einfluß der Ernährung auf die Entwicklung der Nessel (Urtica dioica) und die Ausbildung ihrer Faser. Faserforschung **3** (1923), 112.
431. Kruyff, de, La culture du Sisal à Java. Journ. d'Agric. tropic. IX, 1909.
432. Kubary, J. S., Ethnographische Beiträge zur Kenntnis des Karolinen-Archipels. Leiden 1895.
432a. Kuhn, Die Baumwolle, ihre Kultur, Struktur und Verbreitung. Wien 1862.
433. Kuhn, F. W., Die Festigkeit der Baumwolle und der Baumwollerzeugnisse. Mitt. D. Forschungs-Institut f. Textilindustrie Reutlingen (1922), 15.
444. Kuhnert, R., Der Flachs, seine Kultur und Verarbeitung. 3. Aufl. Berlin 1920.
445. Kuhnert, R., Neues zur Technik des Flachsbaues. Vortrag über Flachs u. Hanfbau. 1. schles. Gespinstfasertag, S. 32—41. Breslau (1925).
445a. Kusano, On the rootcotton, a fibrous cork-tissue. Journ. of the College of Agriculture, Imp. University of Tokyo, 1911, **4**, S. 67—82.
446. Lan, J., Le cocotier. Saigon 1911.
447. Lanessan, I. L. de, Les plantes utiles des colonies françaises. Paris 1886.
449. Langer, L., Flachsbau u. Flachsbereitung. Darstellung ihrer gegenwärtigen Entwicklung. Wien 1893.

450. Lasteyrie, Ch. Ph. de, Du cotonier et de sa culture. Paris 1808.
451. Lazarkévitch, Die Flachsindustrie im westl. Europa. London 1921 (russisch).
451a. Lazarkévitch, N. A., Le lin, sa culture et son industrie dans l'Europe occidentale. Paris 1925.
452. Lecomte, H., La culture du cotonier en Egypte. Paris 1905.
453. Lecomte, H., La culture du jute. Revue des cultures coloniales I, 1897.
454. Lecomte, H., Le coton, monographie, culture, histoire économique. Paris 1900.
455. Lecomte, H., Les textiles des colonies. Nancy 1896.
456. Lecomte, H., Les textiles végétaux. 1892.
457. Legatt, Theory and practice of jute. Dundee 1893.
458. Lehmann, J., Systematik und geographische Verbreitung der Geflechtsarten. Leipzig 1907.
458a. Leiter, H., Die Leinen-, Hanf- und Juteindustrie Österreich-Ungarns. Wien 1916.
459. Leykum, P., Die Lupinenfaser. D. Faserstoffe (1919), 133.
460. Leykum, P., Typha und seine Verwertung als Faserstoffe. Deutsche Faserstoffe (1919), 87.
461. Lightfoot, G., Paper-pulp: Possibilities of its manufacture in Australia. Melbourne 1914.
462. Lincke, E. A., Über Kapok. Dissertation. Dresden 1912.
463. Linsbauer, K., Mikroskopisch-technische Untersuchungen über Torffaser und deren Produkte. Dinglers Polyt. Journ., 31. Jahrg., **315**, Heft 28, S. 437.
464. Linsbauer, K., Zur physiologischen Anatomie der Epidermis und des Durchlüftungsapparates der Bromeliaceen. Sitzungsber. Wiener Akad. d. Wissensch., **120**, (1911), Abt. 1, m. n. kl.
465. Liotard, L., Material in India suitable for the manufacture of paper. Calcutta 1880.
466. Loeber, I. A. jr., Leder- en Perkamentwerk. Schorsbereiding eng Aardewerk in Nederl. Indië. Kol. Inst. Amsterdam 1915.
466a. Lucke, A. v., Die Ausbildung des Fasergehaltes bei *Cannabis sativa* in Abhängigkeit von den verschied. Wachstumsbedingungen. Faserforschung 5, 1925, S. 1—36.
467. Ludewig, H. J., Die Kultur des Zapupe im Kanton von Tuxpan, Mexiko. Tropenpfl. (1911), 235—243.
468. Macdonald, A. C., Les fibres de l'Afrique orientale anglaise. Agron. Trop. III (1911) **1**, 104.
469. Macfadyen, James, The Flora of Jamaica. London 1837.
470. Maiden, I. H., The useful native plants of Australia. Sidney 1889.
471. Main, F., Nouvelle utilisation du Raphia. Journ. d'Agric. tropic (1909), 222.
472. Maireaux, J., Les Agaves textiles du Mexique. Bull. Soc. nat. d'acclim. (1904), 282—288, 313—319.
473. Makrinius, E., Zur Kenntnis des Pochote in Mexiko. Tropenpfl. (1913), 261.
474. Mann, H. and Hunter, J., Sisalhemp culture in the Indian sea districts. Calcutta 1904.
475. Marquart, B., Der Hanfbau, seine Verbreitung, seine Bedeutung und sein Betrieb. Thaer-Bibl. Berlin, Parey.
476. Marpmann, Über die Verwendung neuer Stoffe in der Papierfabrikation. Ztschr. f ang. Mikroskopie u. Klin. Chemie **16** (1910), 57—63.
477. Marqués, Culture du sisal (henequen) aux îles Hawaii. L'agric. prat. d. pays chauds. Paris 1908.
478. Marschik, Ch., Der Faserstoff. Deutsche Faserstoffe (1919), 61—64.
479. Marschik, Chr., Der Fasertorf. Neue Faserstoffe, 1. Jg. (1919), 61.
480. Martius, Historia palmarum I.
481. Martius, K. F. Ph., Reise in Brasilien, 1817—1820. München 1824—1831.
482. Martens, Untersuchungen japanischer Papiere. Mittl. aus d. kgl. Techn. Versuchsanstalten. Berlin 1888, Erg.-Heft 4.
483. Mason, O. T., Basket work of the North American aborigines. Report of Smithsonian Institution. 1883—1884.
484. Massot. Mikroskopische Charakteristik v. Textilfaserstoffen. I. Hopfenfaser. Leipziger Monatsschrift. f. Textilindustrie 1916, S. 145. II. Ginster-, Epilobium- und Weidenbastfaser. Leipz. Mon. f. Textilind. 1916, S. 194.
485. Mathieu, Roselle fiber. The planter 1921, II, **2**, 21.
486. Matsumura, Index plantarum japonicarum, 3 Bd. Tokio 1904—1912.
487. Matthews, I. M., The textile fibres, their physical, microscopical and chimical properties. New York and London 1904.
488. Mäule, C., Verhalten verholzter Zellmembranen gegen $KMnO_4$. Habilitationsschrift. Stuttgart 1901.
489. Mayr, Die Waldungen von Nordamerika. München 1890.
490. Meitzen, H., Über die Fasern von Asclepias Cornuti. Dissertation. Göttingen 1862.
491. Messikommer, H., Die Pfahlbauten von Robbenhausen. Zürich 1913.
492. Meyen, Pflanzengeographie. Berlin 1836.
493. Michel, M., L'industrie ramière en Indo-Chine. Paris 1908.
494. Michotte, F., Traité scientifique et industriel des plantes textiles: Ramie. Paris 1893. 2me édd. 1925, tome 1er: Culture et Succédanés.
495. Michotte, F., Le Kendir-Tourk. Revue des cultures coloniales, XIV (1904), 321—325.
495a. Michotte, F., Le Coton, sa disparation prochaine et irrémédiable, l'erreur de sa culture. Paris 1924.
495b. Michotte, F., Les Hibiscus. Paris 1925.
495c. Michotte, F., L'agave. Paris 1914, supplém. 1925.
496. Middleton, T. H., Description of certain Indian forms of cotton. Agric. Ledger. Kalkutta 1896.
497. Miethe, A., Die Technik im zwanzigsten Jahrhundert. II. Braunschweig 1912.

498. Mikosch, C., Über die Membran der Bastzellen von Apocynum venetum L. Ber. Deutsche Bot. Gesellschaft, IX (1891), 306 bis 312, Taf. XIX.
499. Milbraed u. Burret, Die afrikanischen Arten der Gattung Ficus L. Bot. Jahrb., **46** (1912), 163—269.
500. Miles, Frank C., Fiber flax. Farmer's Bulletin, U. St. Departm. of Agriculture, 669 (1915), 1922.
501. Milward, R. H., Culture et exploitation du Zapupe au Mexique. Journ. d'agricult. trop. IX (1909), 268 ff.
502. Miquel, Flora Indiae Batavae. Flora van Nederl. Indië, 3 vol. Amstelod. 1855—1862.
503. Mitchell-Prideaux, Fibres. London 1910.
504. Moeller, J., Einige beachtenswerte Faserstoffe. Dinglers Polytechn. Journ., **31** (1879), 463—466.
505. Moeller, J., Faserstoff von Cipo lactescente. Allg. Deutsche polytechn. Zeitung (1879), VII, 301.
506. Moeller, J., Pflanzen-Rohstoffe. II. Fasern. Wien 1879. Bericht über die Weltausstellung in Paris 1878.
507. Moeller, J., Die Nesselfaser. D. A. Polytechnische Zeitung (1883), 34/35.
507a. Mohr, H., Technologie der Bindfadenfabrikation. Berlin 1917.
507b. Molisch, H., Aschenbild und Pflanzenverwandtschaft. Sitzungsb. Akad. d. Wissensch. Wien, Abt. 1, **129** (1920).
508. Molisch, H., Mikrochemie der Pflanzen, 3. Aufl. Jena 1923.
509. Montessus de Ballose, H., Alfa et papier d'Alfa. Paris 1909.
510. Moreira, N. I., Historical notes concerning vegetable fibres of Brazil. Phil. Int. Exhib., 1876.
511. Morris, D., Native and other fiber plants. Jamaica 1884.
512. Morris, D., Chinese fibres. Kew Bull. et Miscell. Inform. (1891), 247—259.
513. Morris, D., Cantor lectures on commercial fibers. London 1895.
514. Morris, D. and Bovell, I. R., Sea island cotton in the United States and the West Indies. West-India Bull., IV (1904), 287—374.
515. Morris, E. E., Austral English. London 1898.
516. Moritz, F., Über eine Bastbanane aus Ostafrika. Tropenpfl. (1903), 550—551.
517. Moritz, F., Über den Anbau der ostafrikanischen Bastbanane. Tropenpfl. (1904), 109—116.
518. Mücke, M., Der Baumwollbaum, Kapok *(Eriodendron anfractuosum)*. Pflanzer IV (1908), 289.
519. Müller, Carl, Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Blätter der Gattung Agave und ihrer Verwertung für die Unterscheidung der Arten. Botanische Zeitung (1909), 93—139.
520. Müller, E., Handbuch der Spinnerei. Leipzig 1892.
521. Mueller, Fr., Auswahl von außertropisch. Pflanzen. Sidney 1881.
522. Müller, H., Deutscher Ausstellungsbericht der Wiener Weltausstellung 1873.
523. Müller, Willi, Einfluß und Erkennung mechanischer Behandlung der Flachsfaser. Faserforschung **1** (1921), 1—25.
524. Müller, Willi, Über die Gabelenden der Hanffaser. Faserforschung I (1921), 246—254.
525. Müller, Willi, Der Flachs in verschiedenen Röststadien. Faserforschung **2** (1922), 41.
526. Müller, W., Zur Struktur der Zellmembran von Flachs u. Hanf (Krit. Literaturübersicht). Faserforschung **3** (1923), 166.
526a. Müller, W., Welchen Einfluß üben Aussaatdichte und Stengelstärke auf die Flachsfaser aus. Faserforschung, 1926, 6. Bd. S. 239—255.
527. Müller, W. u. Tobler, F., Wie dringen die Röstbakterien in den Flachsstengel ein? Faserforschung II (1922), 21.
528. Müller, Yap., Abhandl. d. Hamburg. Kolonialinstitutes, 1914.
529. Muller, Theodore, Industrial fiber plants of the Philippines. Bureau of Education, Bull. **49**, Manila (1913).
530. Nägeli, C., Die Anwendung des Polarisationsapparates auf die Untersuchung vegetabilischer Elementarteile. Beiträge zur Botanik, 3. Heft. Leipzig (Sitzungsber. d. Kgl. bayerischen Akad. d. Wissensch. 1862).
531. Nägeli, C., Über den inneren Bau der vegetabilischen Zellmembranen. Botan. Mitteilungen. Bd. II, S. 1—102. München, Sitzungsber. der Kgl. bayerischen Akad. d. Wissensch. 1864.
532. Neuweiler, E., Die prähistorischen Pflanzenreste Mitteleuropas. Zürich 1905.
533. Neuweiler, E., Die Pflanzenreste aus d. Pfahlbauten. Vierteljahrschr. d. Naturf. Gesellsch. Zürich 1919.
533a. Niederlein, La riqueza florestal de la Republica Argentina la Exposición Universal de Paris de 1889. Buenos Aires 1889.
533b. Nieß, B., Die Baumwollenspinnerei in allen ihren Teilen. 2. Aufl. Weimar 1885, 3. Aufl. 1902.
534. O'Brien, G., Observations on fibrous products in India. Journ. of Science, VII, 1885.
535. Offizieller österr. Ausstellungsbericht über die Pariser Ausstellung 1867, V.
535a. Ohara, K., On the Osmunda Cotton, a useful ferntrichome. The botanical Magazine. Tokio 1918.
535b. Ohara, K., Über die nutzbaren Pflanzenfasern Japans und ihre Verwertung. Faserforschung **5**, 1926, S. 157—167.
536. Oppel, A., Die Baumwolle nach Geschichte, Anbau, Verarbeitung u. Handel. 1. Aufl. Leipzig 1902.
537. Parlatore, F., Le specie dei cotoni. 6 Tab. Florenz 1866.
537a. Parodi, D., Notas sobre algunas plantas usuales del Paraguay, de Corrientes y de Misiones. Buenos Aires 1886.
538. Passon, M., Die Kultur der Baumwollstaude, mit besonderer Berücksichtigung derjenigen von Brasilien. Stuttgart 1910.
539. Pauksch, J., Das magnetische Verhalten der Pflanzengewebe. Sitzber. Wiener Akad. d. Wissenschaft, **115** (1906).
540. Pauly, Realenzyklopädie des klassischen Altertums III, 1899.

541. Peckolt, T. et S., Historia das plantas medicinaes et uteis do Brasil. Rio de Janeiro 1895.
542. Perrédés, Comparative anatomy of the barks of the Salicaceae. Wellc. Res. Laborat. 1903 (Pharmaz. Journ., 1903).
543. Perrot, E. et Goris, A., Recherches sur les pailles à chapeaux de Madagascar. Leur étude microscopique et leur caractérisation. L'Agriculture pratique des pays chauds, VII, 2 (1907), 203—213; 402—411; 477—486.
544. Perrot, K., Einiges über die Kultur und Wachstumsbedingungen d. Caravonica-Baumwolle. Tropenpfl. (1908), 47—48.
544a. Petzke, E., La Fourcroya gigantea, una planta textil. Bol. Min. Agric., 1921, **26**, S. 403—407.
545. Pfuhl, E., Die Jute und ihre Verarbeitung. Berlin 1888—1891.
546. Pfuhl, Fortschritte in der Flachsgewinnung. Riga 1886.
547. Pfuhl, Weitere Fortschritte in der Flachsgewinnung. Riga 1895.
548. Philippine fibre industry: Introduction of a compulsory grading system. Philippine Agricultural Review (1914), 371.
549. Pinkert, F. A., Der Lein o. Flachs. 1861.
550. Pinkert, F. A., Der Hopfenbau. 1861.
551. Pinkert, F. A., Das gemeine Rohr. 1862.
552. Posselt, E. A., The structure of fibres, garns and fabrics. London 1891.
553. Prain, Bengal plants. 2 Bd., Calcutta 1903.
554. Preuß, P., Die Kokospalme und ihre Kultur. Berlin 1911.
555. Preyer, A., Die Sansevierafaser. Beihefte zum Tropenpflanzer, Bd. I (1900), 18—24.
556. Preyer, W. B., Manila hemp in British North Borneo. Kew Bull. 1898.
557. Prudhomme, E., Le cocotier. Paris 1906.
558. Pynaert, Le rotang. Bull. Agric. Congo belge (1920), XI, 3—4, 401.
559. Raab, R., Die Schreibmaterialien. Hamburg u. Leipzig 1888.
560. Rae, J. M., Report on the fibre industry in the Bahamas. Nassau 1891.
561. Raitt, William, New fibres for paper. Trop. Agriculture and Magazine XXXII, 1909.
562. Range, F., Fibras de la flora paraguaya. Revista del Jardin Botánico y Museo de Historio natural del Paraguay. Trinidad-Asunción 1921.
563. Rasser, E. O., Rohr-, Typha-, Hopfen- und Ginsterfaser und ihre Patente. Deutsche Faserstoffe 1919, S. 67 u. 74.
564. Raynaud, La Ramie (culture et exploit.) à l'île de la Réunion. S. Denis (Réunion) 1881.
565. Rechenberger, Die Flachsspinnerei, Leipzig 1921.
565a. Reinthaler, Die Kunstseide und andere seidenglänzende Textilstoffe. Berlin 1926.
566. Reimers, H., Zur Klarstellung des Begriffs der Mittellamelle bei den Bastfasern. Ang. Botanik, 3. Bd., 1921, S. 177.
567. Reimers, H., Die Substanzfestigkeit der Textilfasern. Mitt. d. D. Forsch.-Instituts f. Textilstoffe, Karlsruhe, 1922, S. 41—95.
568. Reimers, H., Zur Anatomie einheimischer Faserpflanzen unter besonderer Berücksichtigung der mikroskopischen Faserdiagnostik und Faseraufschließung. Mitt. d. D. Forsch.-Instituts f. Textilstoffe in Karlsruhe, Heft 3 bis 6 (1919), S. 37—95.
569. Reimers, H., Die Verschiedenheiten im strukturellen Aufbau der Bastfasern in ihrer Bedeutung für die technische Warenkunde. Mitt. d. D. Forsch.-Instituts f. Textilstoffe in Karlsruhe (1922), 109—282.
570. Rein, G. K., Caravonica. Tropenpflanzer (1910), 600.
571. Rein, G. K., Die im englischen Sudan, in Uganda u. Kongostaate wild und halbwild wachsenden Nutzpflanzen. Tropenpflanzer (1909), XIII, 374 ff.
572. Reinitzer, Friedrich, Beiträge zur Kenntnis des Baues der Flachs- und Hanffaser. Archiv f. Chemie und Mikroskopie (1911), Heft 1.
572a. Remec, Über die spezifische Doppelbrechung der Pflanzenfaser. Sitzungsber. Akad. d. Wissensch., Wien 1901.
573. Remington, G. St., Lalang as a paper making material. Agric. Bull. Straits and Feder. Malay States VII (1908).
574. Reyes, L. G., Etudes sur les fibres extraites des Dipterocarpées. Bull. mens. Rome (1921), XII, **4**, 455.
575. Rheede v. Draakenstein, H., Hortus Indicus Malabaricus. Amstelod., 1678 bis 1703.
576. Richmond, Philippine fibers and fibrous substances, their suitability for paper making. Philipp. Journ. of Science, I, 1906.
577. Richter, Oswald, Alte und neue Textilpflanzen. Wien 1915 (Schriften d. Ver. zur Verbr. naturwissenschaftl. Kenntnisse).
578. Richter, O., Beiträge zur mikrochemischen Eisenprobe. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie, **39** (1922), 1.
579. Richter, O., Brennesselanbau, Sammlung, Verwertung. Wien 1917.
580. Richter, O., Beiträge zur Eisenaufnahme durch technisch wichtige Fasern und andere pflanzliche u. tierische Rohstoffe und ihre Bedeutung für diagnostische Zwecke. Faserforschung, **2** (1922), 189—225.
581. Richter, O., Die ökonomische Seite des Nesselproblems. Mitteilungen aus d. Intendanzwesen (1918).
582. Ridley, H. N., Fibres. Bull. of the Straits, IV (1905), 6.
583. Ridley, H. N., Fiber plants of the Malay Peninsula. Agric. Bull. of the Straits and Fed. Malay States, III (1904), 302—305; 405 bis 412.
584. Ridley, H. N., List of Malay plant names. Singapore 1897.
584a. Rivet-Cornac, H., Report on Coton departm. etc. Bombay 1869.
585. Rivière, Ch., La ramie. Algier 1888.
586. Robinson, C. B., Philippine Hats. Philippine Journ. of Science. C. Botany, VI., Nr. 2, 1911.

587. Rohn, G., Textilfaserkunde. Berlin 1920.
588. Rößler, L. v., Neue Papierfasern. Papierfabrikant, Fest- u. Auslandsheft, 1910. S. 42 bis 46.
589. Roeßler-Ladé, Die Nessel, eine Gespinstfaser. Leipzig 1878, II. Aufl. 1916.
589a. Rosenzweig, A., Festigkeitseigenschaften der Baumwolle. Melliands Textilber., 1924, 11—12, S. 822.
590. Rose, J. N., Notes on useful plants of Mexico. U. S. Dept. of Agriculture, Division of Botany, 1899.
590a. Rosoll, A., Über vegetabilische Faserstoffe. Jahresber. L.-Oberrealschule Wiener Neustadt, 1894, S. 14—25.
591. Rostaing, L., Rostaing, M., et Fleury-Percie du Sert, Végétaux propres à la fabrication de la cellulose et du papier. Paris 1904.
592. Roth, W. E., North Queensland Ethnography. Bull. 1—8, 1901—1905 in Brisbane, Home secretary's Department. Bull. 9—18, 1907—1911 in Records of the Australian Museum. Sydney.
593. Roux, F. Ch., La production du coton en Egypte. Paris 1909.
594. Roxburgh, Flora indica. Serampore 1820 bis 1832.
595. Roxburgh, W., Plants of the coast of Coromandel, II; London 1798.
596. Roxburgh, W., Hortus Bengalensis, Serampore 1814.
597. Royle, F. J., On the culture and commerce of cotton in India and elsewhere. London 1851.
598. Royle, F. J., The fibrous plants of India, fitted for cordage, clothing and paper. London, Bombay 1855.
599. Rung, R., Die Bananenkultur, geographisch, wirtschaftlich und kulturhistorisch betrachtet. Dissertation. Gotha 1911.
601. Ruschmann, G., Grundlagen der Röste. Bücherei der Faserforschung v. F. Tobler, I. Bd., 1923.
602. Ruschmann, G., Ewige Flachsfelder und Flachsmüdigkeit. Faserforsch. IV (1925), 145.
603. Ruschmann u. Tobler, Faserstengelrösten mit Luftzufuhr (Aërobe Pektingärung). Faserforschung I (1921), 67.
604. Ruschmann, G., Taurösterreger. Faserforschung, **3.** Bd. (1923), 22—40.
605. Ryan, J., Claussen-processes, the preparation of long-line, flax-cotton usw. London 1855.
606. Sadebeck, R., Die Kulturgewächse der deutschen Kolonien. Jena 1899.
607. Sadebeck, R., Der Raphiabast. Hamburg 1901.
608. Sadebeck, R., Über die südamerikanischen Piassave-Arten. Ber. D. Bot. Ges. (1902), XX, 383.
609. Sadebeck, R., Der helle und dunkle Raphiabast von Madagaskar. Englers Bot. Jahrb. (1905), 4. Heft, 350.
610. Saito, Anatomische Studien über wichtige Faserpflanzen Japans, mit besonderer Berücksichtigung der Bastfasern. Journ. of the College of science, Imp. University Tokio 1901.
611. Saleeby, The Kapok industry. Bull. 26, Departm. of public instruction, Bureau of Agriculture, Manila 1913.
612. Saleeby, Philippine Maguey. The Philippine Agric. Review 1910.
613. Savorgnan, M. A., Coltivazione e Industria delle Piante Tessili. Milano 1891.
614. Santisteban, J. B. de, Zapupe: Nuovo tipo de planta fibrosa. Mexico 1909.
615. Sauve, F. S. e Ridolfi, R. Il gen. Urtica L. e le proprietà tessili delle sue specia. Napoli 1922.
617. Sawyer, A. M., Helicteres fibre. — The Tropical Agriculturist and Magaz., XXIX (1907), 17.
618. Schacht, Anatomie und Physiologie der Gewächse **1**, 1856.
619. Schacht, H., Die Prüfung der im Handel vorkommenden Gewebe. Berlin 1853.
620. Schacht, H., Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Berlin 1859.
621. Schäffer, J. C., Neue Versuche und Muster, das Pflanzenreich zum Papiermachen und anderen Sachen wirtschaftsnützlich zu verwerten. Regensburg 1766. 2 Bde.
622. Schanz, M., Baumwollenbau, -Handel und -Industrie in den Ver. St. von Nordamerika. Tropenpflanzer, 1915, Beiheft 6.
623. Schatz, Desiderius, Der Torf als Spinn- und Webestoff. Zeitschr. f. d. ges. Textilindustrie 1899/1900, Nr. 5 u. 6.
624. Schiller, J., Optische Untersuchungen von Bastfasern. Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wissensch. Bd. 115 (1906), 1623 ff.
625. Schilling, Ernst, Beobachtungen über eine durch *Gloeosporium lini* verursachte Flachskrankheit in Deutschland. Faserforschung II. Bd. 2. Heft, 88 ff., Leipzig.
626. Schilling, E., Beitrag zur Kenntnis der Morusfaser. Mitteil. Sorau, II, Nr. 10 (1921), 127—130.
627. Schilling, E., Zur Kenntnis des „Hagelflachses" I. Faserforschung I (1921), 102.
628. Schilling, E., Über die lokalen Anschwellungen der Bastfasern. Ber. d. D. Bot. Gesellsch. (1921), **39**; (1922), 379—383.
629. Schilling, E., Einige Bemerkungen über den Perinihanf. — Faserforschung II (1922), 78.
630. Schilling, E., Zur Morphologie, Physiologie und diagnostischen Bewertung der Bastfasern v. *Cannabis sativa*. Ber. Bot. Ges. **41** (1923), 121.
631. Schilling, E., Tucumfaser. Faserforschung III (1923), 240—246.
632. Schilling, E., Die Faserstoffe des Pflanzenreiches für Weberei, Spinnerei, Flechterei, Papierfabrikation, für Binde-, Bürsten- und Stopfmaterial, mit ihren Namen im Ursprungsland, Handel und Wissenschaft. „Bibl. d. Faserforschung" von F. Tobler, 2. Bd., Leipzig 1924.
633. Schimper, A. F. W., Epiphyten Westindiens. Botan. Ztrlbl. (1884), 320.
634. Schindler, F., Flachsbau und Flachsbauverhältnisse in Rußland, mit besonderer Berücksichtigung des baltischen Gouvernements. Wien 1899.

634a. Schlomann-Oldenburg, Illustrierte technische Wörterbücher. XIV. Bd. Faserrohstoffe. München 1924. XV. Bd. Spinnerei u. Gespinste, 1925. XVI. Bd. Weberei und Gewebe. 1926.
635. Schmeil, W., Bambus als Papierrohstoff. Zellstoff und Papier (1921), 219—223.
636. Schmidt, A., Die Baumwollkultur in Ägypten. Manchester 1912.
637. Schneider, H., Über die technologischen Veränderungen der Leinengarne durch den Bleichprozeß. Dissert. 1908.
638. Schröter, Der Bambus und seine Bedeutung als Nutzpflanze. 1885.
639. Schürhoff, H., Einheimische Spinnfaserpflanzen. Mitteilung. Forschungsinst. Karlsruhe (1918), 90—108.
640. Schulte im Hofe, Die Ramiefaser und die wirtschaftliche Bedeutung der Ramiekultur für die deutschen Kolonien. Berlin 1898.
641. Schwalbe, C. G. u. Troeltzsch, R., Beiträge zur Kenntnis der Kapokfaser. — Tropenpfl. (1913), 655—660.
642. Schwede, R., Über das Papier der Maya-Codices und einiger altmexikanischer Bilderhandschriften. Habilitationsschrift 1912.
643. Schwede, R., Über die Lupinenfaser. Jahresbericht. Vereinigung f. angew. Botanik, XV (1917), 80—88.
644. Schwede, R., Zur Kenntnis der Hopfenfaser. Jahresber. Vereinigung f. angew. Botanik, XVI (1918, ersch. 1919), 8—13.
645. Schwede, R., Nochmals über die Lupinenfaser. Jahresber. Vereinigung f. angew. Botanik, XVI (1918, ersch. 1919), 8—13.
646. Schwede, R. Über die Yuccafaser. Textile Forschung II, 3. Heft (1920), 84—87.
647. Schwede, R., Über die Faser von *Cryptostegia grandiflora* und ein makroskopisches Verfahren zur Unterscheidung von Pflanzenfasern. Textile Forschung (1921), 165—170.
648. Schweinfurth, G., Arabische Pflanzennamen aus Ägypten, Algerien und Jemen. Berlin 1912.
649. Schweinfurth, Le piante utili dell'Eritrea. — Soc. Afric. d'Italia, XC.
650. Schweinfurth, G., Neue Beiträge zur Flora des alten Ägyptens. Ber. Bot. Ges., I (1883), 544—546.
651. Schweinfurth, G., Über Pflanzenreste aus altägyptischen Gräbern. Ber. Bot. Ges., II (1884), 351—371.
652. Schwendener, S., Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen. Leipzig 1874.
653. Schwendener, S., Das Mikroskop. 2. Aufl. Leipzig 1887.
654. Schwendener, S., Über Quellung und Doppelbrechung vegetabilischer Membranen. Sitzungsber. kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. Berlin (1887), XXXIV.
655. Schwendener, S., Zur Doppelbrechung vegetabilischer Objekte. Sitzber. kgl. preuß. Akad. d. Wissensch. Berlin (1889), XVIII.
656. Schwendener, S., Über die »Verschiebungen« der Bastfasern im Sinne v. Höhnel. Ber. Deutsche Bot. Ges. **12**, 1894, S. 239.
656a. Seckt, H., Faserpflanzen in Argentinien. Faserforschung IV, 1927, S. 171—199.
657. Seemann, Botany of the voyage of the Herold. London 1852—57.
658. Seemann, Die Palmen. 2. Aufl. Leipzig 1863. (Deutsche Übersetzung zu 659.)
659. Seemann, History of the Palms and their allies. London 1856.
660. Segura, J. C., El Maguey, memoria sobre e cultivo y beneficio de sus productos. Mexico 1901.
661. Selleger, E. L., Studiën over Nederlandsch-Indische Vezelstoffen. Bulletin van het Koloniaal Museum te Haarlem 1904, No. 31.
662. Selleger, E. L., Beurteilung wenig bekannter Faserarten. Wochenbl. f. Papierfabrikation, 1906, Nr. 36.
663. Sellergren, G., Inhemsko fiberväxter. Särtryck ur Kungl. Landtbruks-Akademiens Handlinger och Tidskrift år 1920—1923.
664. Semler, H., Die tropische Agrikultur. Bd. I u. II, 1900, III. Bd. (2. Aufl.), Wismar 1903.
665. Serre, P., La culture des plantes textiles à Puerto-Rico. L'Agric. prot. des pays chauds. VII/2, 1907, p. 424—428.
666. Simão da Costa, J., Plantas fibrosas indigenas e exoticas, sua exploração industrial. Rio de Janeiro 1922.
667. Sindall, R. W., Bamboos for paper making. London 1909.
668. Singer, H., Die Hopfenfaser. Jahresber. der Wiener Handelsakademie, 1882.
669. Sixt, E., Fibras do Hibiscus. — Boletim da Agriculture, VIII (1907), 237—38.
670. Smithers, E. J., Chinese straw-braid Industry. — Consular report, No. 93, May 1888.
671. Solaro, A., Studio microscopico e chimico pel riconoscimento delle fibre vegetali. Mailand 1914.
672. Sommer, H., Über die Festigkeitseigenschaften der Jute. Leipz. Monatsschr. f. Textilind. **39** (1924), 379—383.
673. Sommer, H., Über einige physikalische Eigenschaften der Jute. Leipz. Monatsschr. f. Textilind. **39** (1924), 412.
674. Sonntag, P., Die Beziehungen zwischen Verholzung, Festigkeit und Elastizität. Landwirtschaftl. Jahrb. **21** (1892), 839.
675. Sonntag, P., Die duktilen Pflanzenfasern, der Bau ihrer mechanischen Zellen und die etwaigen Ursachen ihrer Duktilität. Flora **99** (1909), 203—259.
676. Sonntag, P., Die mikroskopische Unterscheidung der Hanf- und Flachsfaser. Ber. Bot. Ges. **29** (1911), 669—671.
677. Sonntag, P., Torsionserscheinungen der Pflanzenfasern beim Anfeuchten und die mikroskopische Unterscheidung von Hanf und Flachs. Jahresber. d. Ver. f. ang. Botanik **9** (1911), 140—163.
678. Spon, Encyclopedia of the industrial arts, manufactures and commercial products. London and New York 1879.
679. Squier, E. G., Tropical fibers and their economic extraction. London, New York 1863.

680. Stein, E. v., Graphische Statistik der österr. Leinenindustrie. Trautenau 1917.
681. Steuckart, C., Die Baumwolle. Ihre Herkunft, ihre Verwendung, ihre Geschichte und ihre Bedeutung. Leipzig 1914.
683. Stirm, Chemische Technologie der Gespinstfasern. Berlin 1913.
684. Stuhlmann, F., Die Sisalagaven und deren Fasern. »Der Pflanzer« III (1907), 229.
684a. Stuhlmann, F., Halfagras oder Esparto für Deutsch-Ostafrika. »Der Pflanzer« (1907), Nr. 15.
685. Stuhlmann, F., Beiträge zur Kulturgeschichte von Ostafrika. Berlin 1909.
686. Süvern, K., Zur Technologie der Torffaser. — Deutsche Faserstoffe 1919, S. 169.
687. Süvern, K., Die künstliche Seide, ihre Herstellung, Eigenschaften und Verwendung. 4. Aufl. Berlin 1921.
689. Swaab, S. L., Fibrous substances, indigenous and exotic. London 1864.
690. Tammes, T., Der Flachsstengel. Haarlem 1907.
691. Tammes, T., De veredeling van het Vlas in Nederland, 1916.
691a. Thays, C., El Jardin Botánico de Buenos Aires. Buenos Aires 1910.
692. The cotton plant, its history, botany, chemistry, culture, enemies and uses. U. S. A. Departm. of Agriculture, Bull. No. 33. Washington 1896.
692a. Thies, F. H., Über die mittels des Bleichprozesses zu entfernenden Nichtzellulosen der Rohbaumwolle. Mittl. Forschungs-Inst. f. Text.-Ind. Reutlingen-Stuttgart, **9/10** (1920), 38.
693. Thovez, C., Sull' utilisazione della fibra della *Sanseveria* dell' Erithraea. Turin 1895. (Att. d. real. Accad. d. Agric.)
694. Tobler-Wolff, G. u. Tobler, F., Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung von Pflanzenfasern. Berlin 1912.
694a. Tobler, F., Textilersatzstoffe. Dresden und Leipzig 1917.
695. Tobler, F., Über Magueyfaser. Faserforschung I (1921), 138.
695a. Tobler, F., Die Festlegung von Standardmustern des Flachses. Mitt. Forsch.-Inst. Sorau, **2** (1921), 63.
696. Tobler, F., Über die Fasern von Samenflachssorten. (Beiträge zur Kenntnis der Anatomie des Leinstengels I.) Faserforschg. I, **1**, 47—62.
697. Tobler, F., Aninga-Faser. Faserforschung II, **2** (1922), 150—156.
698. Tobler, F., Bimli-Jute. Faserforschung II, **3**, 225—232.
699. Tobler, F., Italienische Flachspropaganda vor 150 Jahren. Faserforschung, II. Bd., 3. Heft, 232 ff.
700. Tobler, F., Die Untersuchung neuer Pflanzenfasern. Faserstoffe und Spinnpflanzen (1923), 5. Jhrg., S. 1 ff. München.
701. Tobler, F., Die heutigen Grundlagen der biologischen Aufschließung von Faserstengeln. Z. ang. Bot. V (1923), S. 79—86.
702. Tobler, F., Coroá-Faser. Faserforschung III (1923), 228.
703. Tobler, F., Brasiliens Faserpflanzen. Faserforschung III, **4** (1923), 265—276.
704. Tobler, F., Afrikanische Jute. Faserforschung III, **1**, 65—68.
705. Tobler, F., Curculigo-Faser. Faserforschg. IV, **1** (1924), 50—53.
706. Tobler, G., Cordia-Bast. Faserforschung (1923), 161.
706a. Tobler, F. und G., Faserstoffe und ihr Ersatz. In Keßner, A., Ausnutzung und Veredlung deutscher Rohstoffe. Berlin 1921.
707. Todaro, A., Osservazione sui cotoni. Rom 1863.
707a. Todaro, Relazione qui cotoni collivati nel R. orto botanico di Palermo. Palermo 1876.
708. Todaro, A., Relazione sulla cultura dei cotoni in Italia, seguita da una monografia del genere Gossypium. Rom u. Palermo, 1877—78.
708a. Torella, C., El ramio argentino en la industria italiana. Gaceta Rural, Buenos Aires, 1913, 6, 11, 76, S. 337.
709. Trabut, L., Etude sur l'halfa. Algier 1889.
710. Treiber, K., Über den anatomischen Bau des Stammes der Asclepiadaceen. Botan. Ztrlbl. **48**, 209.
711. Treiease, W., Variegation in the Agaveae. Wiesner-Festschr., 1908.
712. Treiease, W., The mexican fibre Agaves known as Zapupe. Transact. Acad. Science St. Louis, XVIII (1909), 29—37.
713. Treiease, W. and Ludewig, H. J., El Zapupe. I. Los magueys mexicanos conocidos con el nombre de „Zapupe". II. El cultivo del Zapupe en el canton de Tuxpan, Estado de Vera Cruz. — Secretario de Fomento, Mexico 1909.
714. Tridon, H., L'alfa tunisien. Revue des cultures coloniales II, 1898.
715. da Trindade, R., Furcroya gigantea (Pita). — Bolet. da Agricult. São Paulo 1904, 5a Ser., No. 5, p. 228—236.
716. da Trindade, R., A fibra de Canhamo Brasiliensis Perini. São Paulo 1908.
717. Tschirch, A., Handbuch der Pharmakognosie, Leipzig 1910—1925.
718. Tschirch, A., Indische Heil- und Nutzpflanzen. Berlin 1892.
719. Tunmann, O., Pflanzenmikrochemie. Berlin 1913.
720. Ulbrich, E., Die kapokliefernden Baumwollbäume. Notizbl. Bot. Garten Dahlem, Nr. 51 (April 1913).
722. Ulbrich, E., Die Bedeutung der Wollgräser (Eriophorum-Arten) für die heimische Faserrohstoffversorgung. Deutsche Faserstoffe (1919), 89.
723. Ulbrich, E., Seegras als Textilfaser. Deutsche Faserstoffe (1919), 64.
724. Ulbrich, E., Waldwolle als Spinnfaser. Deutsche Faserstoffe (1919), 50—52.
725. Ulbrich, E., Der Besenginster (Spartium junceum L.) als Faserpflanze. Deutsche Faserstoffe (1919), 136.
726. Ulbrich, E., Der Besenginster, Bau, Lebenserscheinungen, Verbreitung u. Nutzen von *Sarothamnus scoparius*, Freiburg i. B. 1920.

727. Ulbrich, E., Wurzeln heimischer Gräser als Faserstoffe. Deutsche Faserstoffe (1919), 17—18.
728. Ulbrich, E., Die Blumenbinse als Faserpflanze. Deutsche Faserstoffe (1919), 73.
728a. Ulbrich, E., Die Stammpflanzen der im Korb- u. Flechtwarengewerbe verwendeten Rohstoffe. Berlin 1925.
729. Unger, F., Botan. Streifzüge auf dem Gebiete der Kulturgeschichte. IV. Die Pflanzen der alten Ägypter. Sitzungsber. der k. Akad. d. Wiss. Wien **38** (1859).
730. Urban, G. u. Schürhoff, H., Die Gründung einer Deutschen Leinenbörse. Sorau 1920.
731. d'Utra, G., Cultura do algodoneiros no Brazil. São Paulo 1904.
732. d'Utra, G., Canhamo Brasileiro (Hibiscus ferox. Hook. var.). São Paulo (Revista Agricola), 1905.
733. Valentin, Untersuchungen der Gewebe im polarisierten Lichte, 1861.
734. Vasey, G., The agricultural grasses and forage plants of the U. St. Washington 1889, U. St. Depart. Agriculture, Spec. Bull. Division of Botany.
735. Vétillart, Etudes sur les fibres végétales textiles employées dans l'industrie. Paris 1876.
736. Vivarez, L'halfa, étude industrielle et botanique, Paris 1888.
737. Vogl, A., Gespinstfaser in Karmarsch-Heeren. Technisches Wörterbuch, 1878, III. Bd., 763—774.
738. Vogl, A., Über blutstillend wirkende Spreuhaare der Farne. Mediz. Jahrb. Wien 1865 und Z. d. Österr. Apotheker Ver. **3** (1865), 539.
739. Volkens, G., Der Kilimandscharo. Berlin 1897.
740. Volkens, G., Die Nutzpflanzen Togos. Faser-, Flecht- und Bindestoffe. Notizbl. Bot. Garten, Berlin-Dahlem, XXII (1909), 42—64, XXII (1910), 65—70.
741. Wallace, A. R., Palm trees of Amazon. London 1853.
742. Warburg, O., Die Palmen Ostafrikas und ihre Verwendung. Berlin 1895.
743. Warburg, O., Die aus den deutschen Kolonien exportierten Produkte. Berlin 1896.
744. Warburg, O., Tipakhanf von den Karolinen. Tropenpfl. (1903), 34—37.
745. Warburg, O., Beschreibung der ostafrikanischen Bastbanane. Tropenpfl. (1904), 116—119.
746. Warburg, O. u. v. Someren-Brand, J. E., Die Kulturpflanzen der Weltwirtschaft. Leipzig 1908.
747. Watkins, J. L., Production and prices of cotton for one hundred years. U. St. Depart. of Agriculture, Misc. Bull. No. 9.
748. Watt, G., A Dictionary of Economic products of India. London and Calcutta, VI Bd., 1889—1896.
749. Watt, G., Commercial products of India. London 1908.
750. Watt, G., Silk cotton of Calotropis procera. Agric. Ledger 1897.
751. Watt, G., The wild and cultivated cotton plants of the world, a revision of the genus Gossypium. London 1907.
751a. Weck, R., Rentabler Flachsbau. Faserforschung, 5. Bd., 1925, S. 243.
752. Weiß, A., Vorlesungen über technische und wirtschaftliche Grundlagen der Textil-Industrie. Leipzig u. Wien 1923.
753. Welwitsch, Synopse expl. das amostras de madeiras e drogas de Angola. Lisboa 1862.
754. Wester, P. J., The cultivation and uses of Roselle. Agric. Gaz. N. S. Wales XIX (1908), 585.
755. White, Ch. A., A valuable fibre plant, Asclepias semilunata. Agric. Gaz. N. S. Wales XIX (1908), 585.
756. Wiesner, J., Mikroskopische Untersuchung der Papierfasern. Österr. bot. Zeitschrift 1864, Nr. 3.
757. Wiesner, J., Mikroskopische Untersuchung der Maisliesche und der Maisfaserprodukte. Dingl. polyt. Journal, **175** (1865), 226 ff.
758. Wiesner, J. Mikroskopische Erkennung der Espartopapiere. Wochenschr. des niederösterr. Gewerbevereins 1865, Nr. 28.
759. Wiesner, J., Offizieller österreichischer Bericht über die Pariser Ausstellung 1867, Bd. V.
760. Wiesner, J., Einleitung in die technische Mikroskopie nebst mikroskopisch-technischen Untersuchungen. Wien 1867.
761. Wiesner, J., Beiträge zur Kenntnis der indischen Faserpflanzen. Sitzungsber. Akad. d. Wissensch. Wien, m.-n. Kl., **62** (1870).
762. Wiesner, J., Mikroskopische Untersuchungen, ausgeführt im Laboratorium für Mikroskopie u. tech. Warenkunde am k. k. polytechnischen Institut in Wien. Stuttgart 1872.
763. Wiesner, J. u. Ungerer, A., Untersuchungen über das Chinagras und die Faser Ramie in Wiesner, Mikroskopische Untersuchungen. Stuttgart (1872), 18.
764. Wiesner, J., Elementarstruktur und Wachstum der lebenden Substanz. Wien 1892.
766. Wiesner, J., Studien über angebliche Baumbastpapiere. Sitzungsber. der kaiserl. Akad. d. Wiss. in Wien, phil.-hist. Kl., **76** (1892).
767. Wiesner, J., Mikroskopische Untersuchungen alter ostturkestanischer und anderer asiatischer Papiere nebst histologischen Beiträgen zur mikroskopischen Papieruntersuchung. Denkschriften kais. Akad. d. Wiss. Wien, **72** (1902).
768. Wiesner, J., Die mikroskopische Untersuchung des Papiers mit besonderer Berücksichtigung der ältesten orientalischen und europäischen Papiere. Wien, k. k. Hof- und Staatsdruckerei, 1887. Sonderabdruck der unter dem Titel: Die Faijûmer und Uschmûneiner Papiere im II. u. III. Bd., S. 179 bis 260 der als „Mitteilungen a. d. Sammlung des Papyrus Erzherzog Rainer" (1887) erschienenen Abhandlung.

769. Wiesner, J., Über die ältesten bis jetzt aufgefundenen Hadernpapiere. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. phil.-hist. Kl., **168**, 5. Abhandl. (1911).
770. Wiesner, J. u. Baar, H., Beiträge zur Kenntnis der Anatomie des Agavenblattes. Sitzungsber. Akad. d. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. I, **123** (1914), 679.
771. Wiesner, J. v., Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. 3. Aufl., II. Bd. 1918, Leipzig (Rinden, Hölzer), III. Bd., Leipzig 1921 (Faserstoffe).
772. Wildeman, E. de, Agaves textiles. Quinzaine coloniale, XI (1907), 831.
773. Wildeman, E. de, Les plantes tropicales de grande culture. 1907.
774. Wildeman, E. de, Notes sur les plantes utiles ou intéressantes de la flore du Congo. Brüssel 1903—1905.
775. Wildeman, E. de, Sanseviera Laurentii E. de Wild. Revue des cultures coloniales, XIV (1904), 231.
776. Winkler, H., Botanisches Hilfsbuch für Pflanzer, Wismar 1912.
777. Winkler, H., Reiseberichte aus den malaiischen Staaten und Niederländisch-Indien. Tropenpfl. 1908, S. 558—568.
778. Winter, Robert, Über den Ursprung und die Entwicklung der Faser von Linum usitatissimum. Ing. Diss., Berlin 1909.
779. Winterbottom, D. C., Marinefaser. J. Soc. Chem. Ind., **36**, S. 542; Neue Faserstoffe (1919), S. 141.
779a. Wisselingh, C. v., Die Zellmembran (Linsbauer, Handb. d. Pflanzenanatomie III/2, Berlin 1924).
780. Wissent, Cultivation and preparation of hemp and sunn. London 1804.
781. Wittmack, L., Die Nutzpflanzen aller Zonen auf der Pariser Weltausstellung 1878. Berlin 1879.
782. Wittmack, L., Über die Nutzpflanzen der alten Peruaner. C. R. du Congrès Intern. des Americanistes, Berlin 1888, Sep.-Abdr., S. 22.
783. Wolff, R., Die Jute, ihre Industrie und volkswirtschaftliche Bedeutung. Berlin 1913.
784. Zaepernick, H., Die Kultur der Kokospalme. Beiheft 6 zum Tropenpflanzer, XV (1911).
785. Zetzsche, Die wichtigsten Faserstoffe der europäischen Industrien. Dresden 1905, 2. Aufl.
786. Zillig, H., Versuche über Gewinnung und Verwertung von Malven- und Yuccafasern. Deutsche Faserstoffe: Spinnpflanzen (1921), 14.
787. Zimmermann, A., Molekular-physikalische Untersuchungen (I). 1. Über den Zusammenhang zwischen Quellfähigkeit und Doppelbrechung. Ber. Bot. Ges., **1** (1883), 533—540.
788. Zimmermann, A., Molekular-physikalische Untersuchungen (II). 2. Über den Zusammenhang zwischen der Richtung der Tüpfel und der optischen Elastizitätsachsen. Ber. Bot. Ges. **2** (1884), 124—129.
789. Zimmermann, A., Die Raphiapalmen und ihre Verwendung. Pflanzer III (1907), 162.
790. Zimmermann, A., Über die Ausnutzung der in Deutsch-Ostafrika einheimischen oder angebauten Bambusarten zur Papierfabrikation. Papierfabrikant (1908), Nr. 42.
791. Zimmermann, A., Die Gewinnung des Panamastrohes. Pflanzer V (1909), 65—70.
792. Zimmermann, A., Anleitung für die Baumwollkultur in den deutschen Kolonien. 2. Aufl. Berlin 1910.
793. Zimmermann, A., Über einige Fasern, Flechtwerk und dergleichen liefernde Pflanzen. Pflanzer 1911, VII, Heft 3.
794. Zipser, J., Die textilen Rohmaterialien, 1. Teil, 5. Aufl. Wien u. Leipzig 1918.
795. Zsigmondy, Kolloidchemie, 5. Aufl., 1925.

J. Weese.

III. Literatur des chemischen Teils.

1. Zellulose (1903), 89.
2. Ber. Chem. Ges. **46** (1913), 2401; vgl. Béchamp, C. R. **42** (1856), 1210; **51** (1860), 255; Ost, Ber. Chem. Ges. **46** (1913), 2995.
3. Flechsig, Hoppe-Seyler Z. physiol. Ch. **7** (1882), 524; Ost u. Wilkening, Chem. Ztg. **35** (1910), 461; Schwalbe und Schulz, Ber. Chem. Ges., **43** (1910), 913; Briggs, Journ. Soc. Chem. Ind. **28** (1909), 340; Stern, Journ. Chem. Soc. **67** (1895), 74.
4. Journ. Chem. Soc. **119** (1921), 803.
5. Ebenda **117** (1920), 489.
6. Ebenda **121** (1922), 1585.
7. Herzog, R. O., u. Janke, Ber. Chem. Ges. **53** (1923), 2162; Polanyi, Z. f. Physik **3** (1920), 343; **7** (1921), 149; Naturwiss. **9** (1921), 288.
8. Att. I. Congr. naz. chim. par. ed appl., Rom (1923), 300.
9. Karrer u. Widmer, Helv. chim. act. **4** (1921), 174; Freudenberg, Ber. Chem. Ges. **54** (1921), 767.
10. Pringsheim, H., Die Polysaccharide, Berlin (1923), 218ff.
11. Hull Adresse 1922, vgl. Irvine u. Hirst, Journ. Chem. Soc. **121** (1922), 1213; Denham, ebenda **119** (1924), 77.
12. Helv. chim. act. **5** (1922), 187.
13. Ann. **435** (1924), 1—144.
14. Pictet u. Sarasin, Helv. chim. act. **1** (1918), 87; Pictet u. Kramer, ebenda **3** (1920), 640 u. **3** (1920), 258.
15. Pictet, Bull. soc. chim. Paris [4] **27**, 652.
16. Irvine u. Oldham, Journ. Chem. Soc. **120** (1921), 1744.
17. Schwalbe, C. G., Die Chemie der Zellulose. Berlin (1911), 581.
18. Herzog, A., Unterscheidung von Leinen und Baumwolle, Sorau (1904), 12.
19. Herzog, A., Z. ges. Text. Ind. **11** (1908), 437; Schwalbe, Chem. der Zellulose (1911), 582.
20. Cross u. Bevan, Ber. Chem. Ges. **26** (1893), 2522; Researches on Cellulose, I, 146; Zellulose (1903), 37, 83.

21. Bull. soc. chim. Paris [4] **7—8** (1910), 295.
22. Cross, Bevan u. Smith, Ber. Chem. Ges. **29** (1896), 1457; vgl. Cross, Bevan u. Beadle, ebenda **28** (1895), 1061; Journ. Chem. Soc. **65**, 472 u. **67**, 433; Journ. Amer. Chem. Soc. (1896), 8.
23. Hoppe-Seyler, Z. physiol. Chem. **16** (1892), 418.
24. Cross, Bevan u. Beadle, Ber. Chem. Ges. **27**, 1061ff.
25. Ernest, ebenda **39** (1906), 1947.
26. Witz, Bull. soc. ind. Rouen **10** (1882), 461.
27. Baltzer, Bull. soc. chim. Paris [4] **7—8** (1910), 366.
28. Cross u. Bevan, Journ. Chem. Soc. **55** (1889), 213; Zellulose (1903), 96; Ber. chem. Ges. **26** (1893), 2582.
29. Hantzsch u. Schniter, Ber. Chem. Ges. **20** (1887), 2033.
30. Cross u. Bevan, Zellulose (1903), 114.
31. Mühlhäuser, Dingl. polyt. Journ. **283** (1822), 88, 137; Cross u. Bevan, Zellulose **1903**, 132 u. Researches on Cellulose **1**, 130.
32. Bezügl. Flachs s. jedoch E. Schilling, Jahrb. f. wiss. Bot. **62** (1923), 528.
33. Cross u. Bevan, Zellulose (1903), 104, 195.
34. C. R. **107** (1888), 144; **109** (1889), 579; **110** (1890), 295; **116**, 653.
35. Tobler, Z. wiss. Mikrosk. **23** (1906), 182; s. a. Boresch, Sitzber. Akad. Wiss. Wien **117** (1908) I, 32; Tumann, Pflanzenmikrochemie, Berlin (1913), 564; Molisch, Mikrochemie d. Pflanze, Jena (1913), 315.
36. C. R. **127** (1898), 191.
37. Arch. Néerland Sci. exact. [2] **9**, 418, zit. in Czapek, Biochemie d. Pflanzen (1913), 669.
38. Ehrlich, F., Deutsche Zuckerind. (1924) Nr. 36; s. a. Chem. Ztg. (1917), 197.
39. Fellenberg, Th. v., Mitt. Lebensmittelunters. u. Hyg. **5**, 172, 225; **8**, 1; Chem. Ztg. (1914) II, 501, 942; (1917) I, 1154; Sven Odén, Intern. Ztschr. f. Biol. **3**, 71 u. 83; G. Trier, Schweiz. Apoth.-Ztg. **55**, 369, Ch. Z. (1917) II, 396; Gärtner, H., Zentr. f. Zuckerind. **28**, 781; Chem. Ztg. (1920) III, 419.
40. Tromp de Haas u. Tollens, Ann. **286** (1895), 278.
41. Müller, H., Ber. üb. d. Weltausst. Wien 1873, Abt. Pflanzenfaser S. 59.
42. Wolff, E., zit. bei Müller, ebenda S. 67.
43. Müller, H., ebenda S. 113; s. a. Sindall, Bambos for papermaking, London (1910); zit. v. C. G. Schwalbe, Chem. d. Zellulose, Berlin (1911), 392.
44. Müller, H. (41), S. 104.
45. Bowman, The structure of Cotton fibre, London (1908).
46. Schwalbe, C. G., Chem. d. Zellulose, Berlin (1911), 469.
47. Müller, H., (41), S. 49; Witt, Chem. Techn. d. Gespinstfasern, Braunschweig (1888), 158; zit. in Schwalbe (46), 471.
48. Müller, H., Feingehechelt (41), S. 38.
49. Tassel, Rev. gen. mat. Colorantes **4** (1900), 127; zit. in C. G. Schwalbe (46), S. 477.
50. Müller, H. (41), S. 38.
51. Church, zit. bei Müller (41), S. 69.
52. 53. ebenda, S. 71.
54. Methylpentosan, s. S. 419.

S. Zeisel.

Fette und Öle.

(H. Wolff, unter Mitarbeit von A. Müller.)

Inhaltsübersicht.

Seite

A. Allgemeiner Teil 707
I. Vorkommen und physiologische Bedeutung 707
II. Gewinnung 708
III. Reinigung 709
IV. Verwendung 709
V. Chemische Zusammensetzung . . . 710
VI. Untersuchung 713
B. Besonderer Teil 714
1. Acanthaceenöl 714
2. Amarantaceenöle 714
3. Anacardiaceenöle 714
a) Chironjiöl 714
b) Acajouöl 714
c) Pistazienöle 715
d) Rhusöl 715
e) Heeriabeerenöl 715
4. Anonaceenöle 715
5. Apocynaceenöle 715
a) Strophanthusöl 715
b) Hancorniaöl 715
c) Odollamfett 715
d) Exile-oil 715
e—g) Verschiedene 715
6. Aprikosenkernöl 716
7. Asclepiadaceenöle 716
8. Aurantiaceenöle 716
a) Apfelsinensamenöl 716
b) Zitronensamenöl 716
9. Bakterien- und Hefefett 717
10. Balsaminaceenöle 717
11. Bignoniaceenöle 717
12. Baumwollsamenöl 717
13. Bombaceenfette und -öle 720
14. Borraginaceenöle 720
15. Buchenkernöl 720
16. Burseraceenöle 721
17. Capparidaceenöle 721
18. Caprifoliaceenöle 721
19. Caricaceenöl 722
20. Caryocaraceenfette 722
21. Celastraceenöle 722
22. Chenopodiaceenöl 722
23. Chinesischer Talg 722
24. Colchicaceenöl 723
25. Combretaceenöle 723
26. Convolvulaceenöle 724
27. Coniferenöle 724
a) Tannensamenöl 724
b) Fichtensamenöl 724
c) Piniensamenöl 724
d) Kiefernsamenöl usw. 724
28. Cornaceenöle 725
29. Cruciferenöle 725
a) Leindotteröl 725
b) Gartenkressensamenöl 725
c) Hederichöl 725
d) Rettichöl 726
e) Verschiedene 726
30. Cucurbitaceenöle 726
a) Kürbissamenöl 726
b) Wassermelonenöl 727
c) Melonenöl 727
d) Coloquintensamenöl 727
e—r) Verschiedene 727
31. Dipterocarpaceenöle 728
a) Malabartalg 728
b) Borneotalg 728
c) Doranaöl 729
32. Ebenaceenöl 730
33. Eichelöl 730
34. Erdmandelöl 730
35. Erdnußöl 731
36. Ericaceenöle 732
37. Euphorbiaceenöle (s. a. Holzöl) . . 733
a) Krotonöl 733
b) Curcasöl 733
c) Manihotöl 734
d) Essangöl 734
e) Kautschuksamenöl 734
f) Purgierkernöl 735
g) Iy-Chee-Öl 735
h—k) Verschiedene 735
38. Flaccourtiaceenöle 735
a) Gynocardiaöl 735
b) Marottyöl 736
c—f) Verschiedene 736
39. Fulwabutter 737
40. Gramineenöle 737
(Maisöl u. Reisöl s. d.)
a) Haferöl 737
b) Hirseöl 737
c) Gerstensamenöl 738
d) Weizen- und Roggenöl 738
e—g) Verschiedene 738
41. Guttiferenöle 738
a) Dombaöl 739
b) Allanblackiafett 739
c) Bonandjafett 739
d) Kanyébutter 739
e) Kokumbutter 740
f—m) Verschiedene 740
42. Hanföl 741
43. Haselnußöl 741
44. Holzöl 743
45. Humiriaceenöl 743
46. Irvingiafette 743
a) Cay-Caybutter 744
b) c) Verschiedene 744
47. Kakaobutter 744
48. Kompositenöle 744
a) Madiaöl 745
b) Klettensamenöl 745
c) Distelöl 745
d) Vapachiöl 745
e) Echinopsöl 745
f) Lattichöl 745
49. Labiatenöle 745
a) Salbeiöl 745
b—d) Verschiedene 745

Seite

50. Lauraceenöle 745
a) Lorbeeröl 745
b) Verschiedene 746
51. Lecythidaceenöle 746
a) Paranußöl 746
b) Verschiedene 747
52. Leguminosenöle 747
a—p) 747
53. Leinöl 748
54. Lichtnußöl 751
55. Liliaceenöle 752
56. Logniaceenöle 752
57. Lycopodiumöl 752
58. Lytraceenöle 752
59. Magnoliaceenöle 752
60. Mahwabutter 753
61. Maisöl 753
62. Malvaceenöle 754
63. Mandelöl 754
64. Meliaceenfette 755
a) Carapaöl 755
b) Mafuratalg 755
c—l) Verschiedene 756
65. Micheliafett 756
66. Mimosaceenöle 756
67. Mohnöl 757
68. Moringaceenöle 758
69. Mowrahbutter 758
70. Myristaceenfette 759
a) Muskatbutter 759
b) Otobafett 759
c) Bicuhybafett 760
d) Ölnußfett 760
e) Virolafett 760
f) Kombobutter 761
g) Ochocobutter 761
h) Iryaöl 761
i—o) Verschiedene 761
71. Myrtaceenöl 761
72. Nigeröl 761
73. Nußöle 762
a) Nußöl 762
b) Amerikanisches Nußöl 762
c) Japanisches Nußöl 762
d) Hickoryöl 762
74. Ochnaceenöle 763
a) Meniöl 763
b) Batiputaöl 763
75. Olacaceenöle 763
76. Oleaceenöle 763
(s. a. Olivenöl)
77. Olivenöl 763
78. Palmenfette und -öle 765
a) Palmfett 765
b) Kokosnußfett 769
c) Palmkernöl 772
d—x) Verschiedene 773
79. Papaveraceenöle 775
80. Papilionaceenöle 775
81. Perillaöl 775
82. Pilzöle 776
83. Pittosporaceenöl 776
84. Polygalaceenfette 776

Seite

85. Reisöl 777
86. Ranunculaceenöle 777
87. Rittersporнöl 777
88. Resedaceenöle 777
89. Rhamnaceenöle 778
90. Rhizophoraceenöle 778
91. Rizinusöl 778
92. Rosaceenöle 779
a) Pfirsichkernöl 779
b) Pflaumenkernöl 780
c) Kirschkernöl 780
d) Birnensamenöl 780
e) Kirschlorbeeröl 780
f—q) Verschiedene 780
93. Roßkastanienöl 781
94. Rubiaceenöle 781
95. Rüböle 781
96. Safloröl 784
97. Salvadoraceenöle 784
98. Sapindaceenfette 784
a) Seifenbaumfett 784
b) Rambutantalg 784
c) Makassaröl 785
d—i) Verschiedene 785
99. Sapotaceenfette 785
100. Saxifragaceenöl 787
101. Scrophulariaceenöle 787
102. Senföle 787
103. Sheabutter 788
104. Sesamöl 790
105. Simarubaceenfette 792
a) Dikafett 792
b) Tariributter 792
c) Ko-Sam-Öl 792
106. Smilaceenöl 792
107. Sojabohnenöl 792
108. Solanaceenöle 794
a) Bilsenkrautsamenöl 794
b) Belladonnaöl 795
c) Tabaksamenöl 795
d) Stechapfelöl 795
e) Paprikaöl 795
f) Brunfelsiaöl 795
109. Sonnenblumenöl 795
110. Sterculiaceenöle 796
a) Java-Olivenöl 796
b—f) Verschiedene 796
111. Teesamenöle 796
112. Thymelaeaceenöle 797
113. Tiliaceenöle 797
a) Basswoodöl 797
b) Lindensamenöl 797
c) Apeibaöl 798
d) Aspidiumöl 798
114. Tomatensamenöl 798
115. Traubenkernöl 798
116. Tropaeolaceenöle 799
117. Umbelliferenöle 799
118. Urticaceenöle 799
119. Verbenaceenöl 800
120. Zygophyllaceenöle 800
C. Literatur 800

A. Allgemeiner Teil.

I. Vorkommen und physiologische Bedeutung der Fette und Öle.

Fette und Öle kommen in fast allen Geweben der Phanerogamen- und Kryptogamen-Gewächse vor. Im Sinne von A. Meyer (1) sind sie als homogene »Anten« (optisch homogene Einschlüsse der Protoplasten) aufzufassen, die aus einem Gemisch verschiedener Substanzen bestehen, die im wesentlichen zu einer chemischen Gattung gehören (s. u.). Bisher hat man eigentliches Fettant mit Sicherheit nur in dem Cytoplasma der Pflanzenteile nachgewiesen. Der Kern, sowie die Chloro- und Chromoplasten sind jedenfalls frei von Fett. Die Anwesenheit in den Lenoplasten erscheint jedenfalls fraglich.

Die Fette entstehen aus den in den Trophoplasten liegenden Stärkekörnern (2). Die Trophoplasten lösen diese und senden die durch die Inversion entstandenen Abbauprodukte in das Cytoplasma, das aus den Spaltprodukten der Stärke, den Zuckerarten, das Fett bereitet. Ob auch durch Spaltung und Zersetzung von Eiweißkörpern Fett entstehen kann, erscheint bei den Pflanzen noch nicht völlig aufgeklärt. Für den tierischen Organismus ist eine solche Bildungsweise wohl als sicher anzusehen.

Nach U. von Ivanow geht die Ölbildung in den Zellen der reifenden Samen unter Mitwirkung von Fermenten vor sich. Das gleiche Ferment, das bei der Keimung der Samen eine Zerlegung der Fette und Öle bewirkt (Lipase), bewirkt bei der Reifung eine Synthese (3). Je näher dem Stadium der Reife die Samen geerntet werden, um so höher pflegt die Öl- und Fettausbeute zu sein (4). Früher nahm man an, daß spezifische Zellen plasmatische Ölbildner, Eläoplasten, hätten, in denen die Bildung und Ansammlung von Öl vor sich ginge (5). Diese Vorstellung ist aber durch die Untersuchungen von A. Meyer überholt (6). Nach ihm sind die Eläoplasten Fett-Eiweißanten, optisch inhomogene gemischte Fettanten der Angiospermen. Physiologisch stellen sie sich als Reservestoffe dar, die beim Wachstum der Gewebe verbraucht werden. Sie bestehen aus einer kolloiden Emulsion von Fett in Eiweißlösung, von gallertartiger Struktur.

Wie gesagt, kommen die Fette und Öltröpfchen in fast allen Geweben vor, so daß es erklärlich ist, daß die Analyse ganzer Pflanzenteile, z. B. Blätter, Samen, Früchte ausnahmslos einen Gehalt an »Rohfett« (Ätherextrakt) ergibt. Nach A. Meyer ist jedoch das eigentliche Fett (Fett-Ant) scharf zu unterscheiden von fettähnlichen Stoffen, wie Assimilationssekret und Mesokret (Mesophylsekret). Da sowohl bei den Botanikern als auch bei den Zoologen die Begriffe Plasma, Protoplasma, Cytoplasma und die sich daraus ableitenden Begriffe sehr durcheinandergehen, so sollen die Hauptbegriffe, wie sie hier verstanden werden sollen, ganz kurz festgelegt werden. Oberbegriff ist Protoplasma oder Protoplast. Pflanzliche Zelle umhäuteter Protoplast. Der Protoplast setzt sich zusammen je nachdem aus Cytoplasma, auch Hyaloplasma genannt, wabenartige Plasmagrundsubstanz, Kernplasma, Chromatoplasma, Trophoplasma und den alloplasmatischen Einschlüssen. Es erscheint am zweckmäßigsten, diese Begriffe biologisch festzulegen, wenngleich es sich nicht ganz vermeiden läßt, sie auch in mehr topographischem, physikalisch-chemischem Sinne zu gebrauchen. Das Cytoplasma bezeichnen wir nach A. Meyer als eine optisch, mikroskopisch und ultramikroskopisch homogene kolloide Lösung.

So hat dieser Forscher nachgewiesen, daß die Öltropfen in den Blättern immergrüner Gewächse, die Haverlandt u. a. als Fett betrachten, Mesokrete sind (7).

In den unterirdischen Teilen kommt Fett weniger in größerer Menge vor als in den oberirdischen, doch gibt es Ausnahmen, wie die Wurzelknollen des Erdmandelgrases (*Cyperus esculentus* L.). In der größten Menge tritt Fett in den Früchten und Samen auf und in der Winterruhe in dem Stamm vieler Holzgewächse. In den Samen überwiegt die Fettmenge oft die aller anderen Bestandteile zusammen, so beträgt z. B. das Fett in den süßen Mandeln 54%.

Das Fett bleibt in den Geweben gewöhnlich dort liegen, wo es entsteht. Nur selten dringt es aus der Erzeugungsstätte hervor und bedeckt die Organe in mehr

oder minder dicker Schicht, wie z. B. bei den Samen von *Sabium sebiferum (= Stillingia sebifera)*, die den chinesischen Talg liefern. Bei der Keimung fetthaltiger Samen sowie beim Beginn der Vegetationsperiode der Stämme der Holzgewächse wird das Fett für den Zweck des Wanderns in Stärke umgewandelt, doch kann das Fett auch wandern, ohne eine so tiefgreifende Veränderung zu erfahren. In diesem Sinne sagt Pfeffer (8): Daß das Fett als solches seinen Weg in der Stoffwanderung von Zelle zu Zelle nehmen kann, ist wohl möglich, doch nicht erwiesen. Ferner teilt er mit, daß es R. H. Schmidt gelang, Schimmelpilze unmittelbar durch Fett und Fettsäure zu ernähren, was dafür spricht, daß diese Stoffe unmittelbar durch die Zellwand in den lebenden Protoplasten hineingelangen können.

Alles Öl, das als solches wandern soll, muß zuvor fein in Tröpfchen emulgiert sein. Dieser Zerteilungsprozeß ist nur möglich bei Spaltung des Fettes und gleichzeitiger Anwesenheit von Alkalien (die die durch Spaltung freiwerdende Fettsäure zu Seifen binden). Zunächst wird durch Fermente oder durch die Wirkung des Plasmas ein Teil des Fettes in Glyzerin und Fettsäure gespalten. Die Fettsäure verbindet sich mit dem Alkali (das sich z. B. im Plasma befinden kann) zu einem Salze (Seife), das infolge der veränderten Oberflächenspannung eine Auflösung der übrigen Fettsäure in kleine Kügelchen (Dispersion) bewirkt (9). Das Wandern des Öles hat man nach R. H. Schmidt so nachgewiesen, daß man an einer ölfreien Keimpflanze einen Einschnitt machte und einen mit Mandelöl getränkten Fließpapierstreifen durch diesen gezogen hat. Nach einigen Tagen war massenhaft Öl in den Zellen durch Färben mit Osmiumsäure nachzuweisen. Glyzerin konnte man bisher weniger sicher nachweisen als die freien Fettsäuren; offenbar wird es zur Bildung von Zucker verbraucht.

Die Rolle, die die Fette im Leben der Pflanze zu spielen haben, ist bedeutend. Die als Reservestoffe angesammelten Fette dienen als Baustoffe und Energiequellen bei der Keimung der Samen, bzw. bei der Weiterentwicklung der Organe nach Ablauf der Vegetationsruhe.

Nach den Forschungen von Sachs (10) bilden die Fette und Öle einen Ersatz für die Kohlehydrate bei der Ernährung. Nach Janses Untersuchungen kann auch bei dem Wachstum der Pflanzen das Fett die Rolle der Stärke übernehmen (11). Nach diesem Forscher geht stets Öl in Traubenzucker über und umgekehrt.

Die früher vertretene Ansicht, daß in den Fettzellen eine feine Protoplasmaschicht zwischen Fett und Membran sich befindet, entspricht nicht der Wirklichkeit (12). Solche gibt es nur in jungen Zellen, in denen das Fett in einzelnen Tropfen verteilt ist. In Fettzellen, die mit einem einzigen großen Fettropfen gefüllt sind, hindert die bindegewebige Membran nicht die Diffusion gelöster Substanzen, wohl aber stellt die Protoplasmaschicht in Zellen mit kleinen Fettropfen ein Absorptionshindernis dar. Unbestimmt bleibt noch der Funktionsmechanismus der Membran. Die Fettbildung aus Zucker vollzieht sich nach Hähne nach dem Schema: Glukose — Brenztraubensäure — Glyzerinester.

II. Die Gewinnung der Fette und Öle*) geschieht hauptsächlich auf drei Arten. Die erste primitivste ist die, daß das fetthaltige Material, die Samen, in mehr oder weniger zerkleinertem Zustande mit Wasser gekocht werden, wodurch das Fett ausgeschmolzen wird und an die Oberfläche tritt, wo es abgeschöpft wird. Um die umhüllenden und den Fettaustritt hindernden Zellhäute zu lockern, läßt man die Samen oft vor dem Auskochen gären. Diese Art der Gewinnung wird viel in tropischen Ländern gebraucht.

Die zweite Art der Fettgewinnung ist die, die am häufigsten angewendet wird, die Pressung. Das zerkleinerte Saatgut wird in hydraulischen Pressen, bei primitiverer Fabrikation auch in einfachen Keilpressen (z. B. das Holzöl in China) gepreßt. Das Pressen wird meistens in mehreren Stufen vorgenommen. Die erste Pressung wird dann bei gewöhnlicher Temperatur oder höchstens, um die Ausbeute zu erhöhen ohne die Qualität des Öles wesentlich zu verringern, bei ge-

*) Über die Bestrebungen zum Anbau von Nutz- und Heilpflanzen, in erster Linie auch ölliefernden, s. Zeitschrift der Deutschen Hortus-Gesellschaft (München).

ringer Temperaturerhöhung vorgenommen. Bei der zweiten Pressung wendet man dann höhere Temperaturen an, um das Öl möglichst vollständig herauszubringen. Unter Umständen folgt auch noch eine dritte Nachpresse, bei der ebenfalls unter Erwärmen unter hohem Druck gepreßt wird, oft nachdem das Preßgut mit Wasser angerührt wurde. Die Öle erster Pressung dienen, soweit das ihre Eigenschaften erlauben, zu Genußzwecken oder zur Herstellung von Speiseölen und -fetten. Die weiteren Pressungen lassen dann technisch verwertetes Öl gewinnen.

Als dritte Art der Gewinnung wird die Extraktion des zerkleinerten Samens mit Fettlösungsmitteln, wie Benzin, Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen usw. angewendet, doch geschieht dies meistens nur da, wo die Preßkuchen nicht als Futtermittel verwendbar wären oder wo das Öl so wertvoll ist, daß die Extraktionsrückstände ein weniger wichtiges Produkt darstellen, auf deren Hochwertigkeit keine besondere Rücksicht zu nehmen ist. Der Grund dafür liegt darin, daß bei der Pressung, selbst bei der mehrfachen, die Preßrückstände (Preßkuchen) immer noch erhebliche Mengen an Fett oder Öl enthalten, die sie bei sonstiger Eignung zu Futterzwecken als hochwertig erscheinen lassen, während die fettfreien oder doch nur ganz gering fetthaltigen Extraktionsrückstände als Futtermittel eben wegen des Fettmangels minderwertig sind.

III. Reinigung. Die Rohfette werden stets einer Reinigung oder Raffination unterzogen, sei es, daß diese eine einfache Filtration ist, sei es, daß es sich um Filtration über Walkerde handelt. Diese adsorbiert Farbstoff und Schmutzteilchen, Eiweißstoffe, Schleimstoffe usw. Ferner werden die Fette und Öle oft durch Behandeln mit Alkalien raffiniert, wobei die freien Säuren gebunden und durch nachfolgendes Waschen dem Öl entzogen werden. Durch ihre kolloiden Eigenschaften nehmen die Seifen dann auch Farbstoff und Verunreinigungen mit sich. Auch durch Behandlung mit Säuren und oxydierenden Agentien, wie Kaliumbichromat und Schwefelsäure, findet Raffination der Fette und Öle statt. (Über das Bleichen s. Steinau, Chem.-Ztg. 1921, 595 ff.)

Wegen der Einzelheiten der Fettgewinnung siehe die einzelnen Fette und Öle.

IV. Die Verwendung der Fette und Öle liegt einmal auf dem Gebiete der Nahrungsmittelindustrie, wobei die gereinigten Fette und Öle entweder unmittelbar als Speisefett oder Speiseöl dienen oder zur Bereitung von Margarine oder anderen Speisefetten. Da bei dieser Verwendung die Fette bestimmte Konsistenz aufweisen müssen und man sich nicht auf die Menge der natürlich vorkommenden Fette passender Konsistenz beschränken will und kann, ist man heute in großem Maßstabe dazu übergegangen, Öle und Fette zu härten, d. h. durch Wasserstoffanlagerung aus ungesättigten Fettsäuren gesättigte zu machen. Die Anlagerung des Wasserstoffs an die ungesättigten Fettsäuren wird durch Kontaktsubstanzen (Katalysatoren), vornehmlich Nickel oder Nickelverbindungen, bewirkt. Bei dem Prozeß erhöht sich die Konsistenz, der Schmelz- und Erstarrungspunkt, während die Jodzahl sinkt. Man hat es so in der Hand, durch mehr oder weniger vollständige Behandlung den Fetten jede beliebige Beschaffenheit zu geben. Die gehärteten Fette dienen auch technischen Zwecken, wie der Seifenfabrikation und der Kerzenfabrikation. Ob man diese oder die natürlichen anwendet, ist oft lediglich eine Frage des Preises.

Die technische Verwendung der Fette ist sehr mannigfaltig und äußerst wichtig. In erster Linie ist es die Seifenindustrie, die ungeheure Fettmengen beansprucht. Als Nebenprodukt fällt dabei das Glyzerin in den Unterlaugen ab. Unter diesen versteht man die salzhaltigen Glyzerinlösungen, die bei der Verseifung der Öle und Fette abfallen, bei der aus Alkali und Fettsäureglyzerid fettsaures Alkali und Glyzerin entsteht. Das fettsaure Alkali (Seife) wird dann durch Kochsalz ausgesalzen. Die Unterlaugen werden konzentriert und durch Destillation wird aus ihnen dann Glyzerin gewonnen. Man trennt aber auch den Prozeß der Seifenbildung und die Spaltung der Fette, indem man durch Erhitzen im Autoklaven mit Wasser oder durch Erwärmen mit besonderen emulgierend und spaltend wirkenden Mitteln (meist Sulfosäuren, aromatische Verbindungen) oder auch durch

Fermente (s. Rizinusöl) das Fettsäureglyzerid in Glyzerin und Fettsäure aufspaltet. Die letztere wird dann evtl. noch destilliert und kann zur Seifen- und Kerzenfabrikation dienen. Das Glyzerin wird reiner als aus den Unterlaugen gewonnen und durch den Mangel an Salzen in der zu destillierenden Glyzerinlösung auch vollständiger.

Schließlich sei noch der Verwendung als Brennöl gedacht, die zwar in den Kulturländern durch die moderneren Beleuchtungsmittel fast völlig verdrängt ist, aber in den Kolonien usw. noch eine sehr große Rolle spielt. — Dann werden Fette und Öle noch zu pharmazeutischen Zwecken benutzt, sei es, weil ihnen gewisse Eigenschaften zu eigen sind, wie dem Rizinusöl u. a. m. oder als Grundlage für Salben u. dgl. Weitere Verwendungsarten werden bei den betreffenden Fetten und Ölen genannt.

V. Die chemische Zusammensetzung der Öle und Fette. Die pflanzlichen Öle und Fette sind Ester des Glyzerins mit den höheren Fettsäuren, und zwar sind es fast ausschließlich normale einbasische Säuren mit etwa 12—22 Kohlenstoffatomen. Die Fettsäuren sind entweder gesättigt (haben also die allgemeine Formel $C_nH_{2n}O_2$) oder ungesättigt mit einer bis zu drei Doppelbindungen ($C_nH_{2n-2}O_2$, $C_nH_{2n-4}O_2$, $C_nH_{2n-6}O_2$). Unter den gesättigten Fettsäuren spielen die Palmitin- und die Stearinsäure eine besondere Rolle ($C_{16}H_{32}O_2$ bzw. $C_{18}H_{36}O_2$), unter den einfach ungesättigten Fettsäuren die Ölsäure ($C_{18}H_{34}O_2$). Von zwei- und dreifach ungesättigten Säuren sind die Linolsäure und die Linolensäure ($C_{18}H_{32}O_2$ und $C_{18}H_{30}O_2$) besonders beachtlich, von denen die erste oft einen wesentlichen Bestandteil der sogenannten trocknenden und halbtrocknenden Öle bildet, die letzteren besonders im Leinöl und Perillaöl vorkommt, außerdem auch in anderen trocknenden Ölen in kleineren Mengen. Auch vierfach ungesättigte Fettsäuren kommen bei Ölen und Fetten vor, allerdings hauptsächlich in tierischen Ölen, und zwar in den Tranen. In pflanzlichen Ölen wurde in dem Öl der L'Sano, einer Oleacee, von Hébert eine vierfach ungesättigte Säure (Isansäure $C_{14}H_{20}O_2$) gefunden (13). Die Konstitution dieser Säure kann allerdings noch nicht als gesichert gelten.

Außer den normalen einbasischen Säuren kommen noch normale zweibasische vor, wie die Japansäure $C_{20}H_{40}(COOH)_2$ im Japanwachs bzw. Japantalg (Sumachwachs), das aus dem Fruchtfleisch einiger Sumacharten gewonnen wird *(Rhus vernicifera, Rh. sylvestris)*.

Weiter wurden auch zyklische Fettsäuren gefunden, wie die Chaulmugrasäure und die Hydnocarpussäure im Chaulmugraöl (aus den Samen von Hydnocarpus- und Taractogenusarten). Beide Säuren haben die gleiche Bruttoformel: $C_{18}H_{32}O_2$, sind aber doch verschieden, da sie verschiedenen Schmelzpunkt (68 bzw. 60°) haben und verschiedene optische Aktivität: $[\alpha]_D = +55°$ bzw. $+68°$.

Einbasische Fettsäuren mit verzweigter Kohlenstoffkette wurden nur in geringen Mengen als Bestandteile einiger Fette gefunden. Sie haben Kohlenstoffketten von nur geringer C-Atom-Zahl. Dagegen kommen Oxyfettsäuren als charakteristische Bestandteile des Rizinusöls vor, auch in geringer Menge in den trocknenden Ölen. Hier aber nicht als primäre Bestandteile, wie beim Rizinusöl, sondern als sekundäre, entstanden durch Oxydation durch Luftsauerstoff aus den mehrfach ungesättigten Fettsäuren.

Die Fettsäuren sind, wie bereits gesagt, wesentlich nur als Glyzerinester zugegen, und zwar sind es z. T. einheitliche Glyzeride, die die Bestandteile der Öle und Fette bilden, bei denen also drei gleiche Säurereste an ein Molekül Glyzerin gebunden sind, z. B. Tripalmitin, Tristearin, z. T. »gemischte« Glyzeride. Bei diesen sind verschiedene Fettsäurereste an ein Molekül Glyzerin verestert. So wurde z. B. beim Kokosfett von A. Bömer (14) als Hauptbestandteil (75 %) Kapryllauromyristin festgestellt, bei dem mit einem Molekül Glyzerin je ein Molekül Kaprylsäure $C_8H_{16}O_2$, Laurinsäure $C_{12}H_{24}O_2$ und Myristin-

säure $C_{14}H_{28}O_2$ verestert ist. Außerdem isolierte Bömer Myristodilaurin, Laurodimyristin und Palmitodimyristin. Im Leinöl wurde von Ad. Grün (15) Dioleostearin und Linoleodistearin aufgefunden.

Außer als Glyzerinester kommen auch freie Fettsäuren in geringer Menge vor. Beim Ranzigwerden der Öle und Fette unter der Einwirkung von Licht und Luft, vornehmlich aber unter dem Einfluß gewisser fettspaltender (lipolytischer) Enzyme wird die Menge der freien Fettsäuren wesentlich vermehrt, so daß unter Umständen wie beim Palmfett die Hauptmenge der Fettsäuren schließlich als freie Säure zugegen ist.

Ständige Nebenbestandteile der Fette sind die unverseifbaren Stoffe, die alle Fette und Öle, wenn auch nur in geringer Menge, meistens um 1% herum enthalten. Zu etwa 30—50% besteht das Unverseifbare der Fette und Öle aus Phytosterin, einem gesättigten aromatischen Alkohol der Bruttoformel $C_{27}H_{46}O$ (Schmelzpunkt 132—144°, $[\alpha]_D = -34{,}2°$). Wahrscheinlich identisch mit dem Phytosterin ist das aus Getreideölen gewonnene Sitosterin, dagegen unterscheidet sich das Stigmasterin aus Calabarbohnen und Rüböl durch den Mehrgehalt an Kohlenstoffatomen und dadurch, daß es zwei Doppelbindungen gegenüber einer beim Phytosterin aufweist. Seine Formel ist $C_{30}H_{48}O$ oder $C_{30}H_{50}O$. Endlich wurde von Sterinen noch im Mutterkorn und in *Laboria pulmonacea* das Ergosterin gefunden, dessen höherer Schmelzpunkt (154°) und höhere optische Aktivität ($[\alpha]_D = -114°$) den Unterschied von den übrigen Sterinen erkennen läßt (16).

Die Sterine sind teilweise in freiem Zustand zugegen, teils als Fettsäureester. Nach Klostermann und Opitz (17) enthält Leinöl etwa die Hälfte des Sterins (0,22%) in gebundener Form, Rüböl fast die gesamte Menge (0,30% von 0,35%). Auch Sesamöl und Baumwollsaatöl enthalten beträchtliche Mengen gebundenen Sterins (0,22% von 0,55% und 0,11% von 0,31%). Weniger gebundenes Sterin enthält Erdnußöl (0,06 von 0,25 %) und Mohnöl (0,02 von 0,25%). Olivenöl enthält überhaupt weniger Sterin (0,13, davon 0,04 gebunden) und Palmin enthält nur sehr wenig Sterin (0,08, davon 0,02 gebunden). Der Rest des Unverseifbaren besteht zumeist aus unbekannten hochmolekularen Alkoholen und geringen Mengen von Kohlenwasserstoffen. Zumeist sind diese Anteile im Gegensatz zu den Sterinen rechtsdrehend (18).

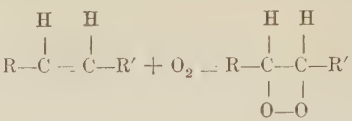
Die Öle und Fette sind Veränderungen unterworfen, deren auffallendste das Trocknen bestimmter, deshalb trocknender Öle ist. Bei weniger ausgesprochener Trocknungseigenschaft spricht man von halbtrocknenden, besser von schwach trocknenden Ölen. Unter Trocknen versteht man die Eigenschaft eines Öles, in dünner Schicht der Luft ausgesetzt, zu mehr oder weniger elastischen und festen Häutchen (sog. Film) zu trocknen. Die chemischen Vorgänge hierbei siehe unten.

Bekannt ist das Ranzigwerden der Öle und Fette, über dessen Merkmale und Zustandekommen die Ansichten auch heute noch z. T. auseinandergehen. Äußerlich kennzeichnend für das Ranzigsein ist der eigentümliche Geruch und kratzige Geschmack. Fast immer geht die Abspaltung freier Fettsäuren mit dem Ranzigwerden Hand in Hand. Als Ursache für diese Spaltung sieht man bestimmte Fermente oder Enzyme an, die man daher als lipolytische (fettspaltende) bezeichnet. Besonders reich an solchen Enzymen ist Rhizinussamen, dessen Enzym, das sog. Rhizin, man daher auch technisch zur Verseifung von Fetten an Stelle der Alkalien verwendet hat (19). Der typische Geruch und Geschmack von ranzigen Fetten wird nach A. Schmidt (20) durch Aldehyde und Ketone hervorgerufen. Amthor (21) und Reimann (22) schreiben bei der Butter den ranzigen Geruch Estern von niedrigmolekularen Fettsäuren zu und sehen in der Tätigkeit von Bakterien die Ursache der Ranzidität. Während Wagner, Walker und Östermann (23) behaupten, daß die Einwirkung des Lichtes allein zum Ranzigwerden ausreicht, bestreiten Vintilesco und Popesco (24) die Überflüssigkeit der Luftgegenwart. In ganz neuer Zeit haben

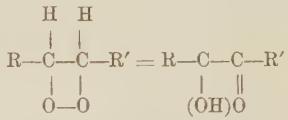
Tschirch und Barben (25) eingehende Untersuchungen angestellt und ermittelt, daß beide, Luft und Licht für das Ranzigwerden erforderlich sind. Einer der beiden Einflüsse allein rief bei gehärtetem Erdnußöl keine Ranzidität hervor. Man wird wohl kaum fehlgehen, wenn man annimmt, daß das Ranzigwerden bei verschiedenen Fetten nicht ganz denselben Verlauf nimmt. Die Neigung zum Ranzigwerden scheint sehr mit dem Grade der Verunreinigung der Fette zu wachsen, so daß sorgfältig gereinigte Fette oft sehr viel schwerer ranzig werden, als die entsprechenden Rohfette. Andererseits ist aber auch nicht zu verkennen, daß gewisse Fette und Öle besonders stark, andere besonders wenig zum Ranzigwerden neigen. Die Gegenwart von Luft bei dem Prozeß scheint aber unbedingt erforderlich zu sein. Sowohl bei dem Abbau der Fettsäuren zu niederen Fettsäuren, wie bei der Entstehung der Aldehyde und Ketone und bei der Bildung freier Fettsäuren dürfte die Oxydation einer der wesentlichsten chemischen Vorgänge sein. Dies wird dadurch bestätigt, daß die ranzigen Fette stets Peroxyde enthalten, die die ersten Produkte einer Fettoxydation sind. (Siehe auch über den Trockenprozeß.)

Diejenigen Fette, die infolge eines hohen Gehaltes an Fettsäuren mit mehreren Doppelbindungen eine hohe Jodzahl *) aufweisen, pflegt man wegen ihres eigentümlichen Verhaltens an der Luft als trocknende Öle zusammenzufassen. Diese Öle verändern sich nämlich, wenn sie in dünner Schicht der Luft ausgesetzt werden so, daß sie nach mehr oder weniger langer Zeit zu einer mehr oder weniger festen Schicht, dem sogenannten Ölfilm »eintrocknen«. Dieser sehr viel untersuchte Prozeß ist nach der heutigen Anschauung die Kombination eines chemischen oder richtiger gesagt, mehrerer chemischer Vorgänge mit kolloidphysikalischen Veränderungen.

Der chemische Vorgang ist vornehmlich eine Oxydation, die man sich heute so vorstellt, daß sich zunächst molekularer Sauerstoff an die Doppelbindungen anlagert, wobei Peroxyde entstehen:



Diese Peroxyde lagern sich dann um zu Hydroxyketosäuren, etwa in dieser Weise:



Neben diesen Reaktionen treten auch weitgehende Spaltungen des Moleküls ein, die zur Bildung von Wasser und Kohlensäure führen, auch Aldehyde treten als Reaktionsprodukte auf. Im allgemeinen überwiegt die Gewichtszunahme durch Aufnahme von Sauerstoff bei weitem den Substanzverlust durch Abgabe dieser flüchtigen Produkte. Doch kann, wie Eibner es zeigte (z. B. beim Mohnöl) der Substanzverlust wenigstens nach erfolgter Trocknung die ursprünglich eingetretene Gewichtsvermehrung überwiegen, so sehr, daß man nach ihm sogar von einer Verflüchtigung des Öles sprechen kann. Indessen sind das Ausnahmefälle. Die chemischen Reaktionen allein können aber nicht das Öl zu dem festen Filmgebilde machen. Hierzu sind vielmehr kolloidchemische oder -physikalische Vorgänge notwendig, die man als eine Gelbildung der flüssigen und festen Bestandteile des Öles ansieht.

Diese indirekt erschlossene Vorstellung hat Wolff (26) vor kurzem dadurch erwiesen, daß er einen fest gewordenen Holzölfilm vor Licht und Luft geschützt aufbewahrte. Nach längerer Zeit trat die kolloidphysikalische Veränderung auf, die man als Alterung bezeichnet, und die in einer Trennung der festen und flüssigen Phase des Gels, hier also des Filmes besteht. Die letztere konnte abgetrennt und als unverändertes Öl bestimmt werden. Man kann annehmen, daß ähnliches auch bei anderen Ölen vor sich geht und so faßt man z. B. das Wiedererweichen von Linoxyn, dem Oxydationsprodukt von Leinöl, das die Grundlage der Linoleumfabrikation bildet, als einen solchen Pro-

*) Nach G. B. Pigulewski (27) haben die nördlich beheimateten Gattungen Öle mit höheren Jodzahlen und höherem Linolsäuregehalt als die südlich vorkommenden.

zeß auf, den man in der Kolloidlehre auch als Synärese bezeichnet.

Als Polymerisation der Öle — und zwar handelt es sich auch hier um die »mehrfach ungesättigten« Verbindungen — bezeichnet man die Veränderung, die beim Erhitzen dieser Öle vor sich geht und die vornehmlich in einer Zunahme der Viskosität, des spez. Gewichtes und des Brechungsindex (mit Ausnahme des Holzöls, das ihn erniedrigt) besteht, sowie in der Abnahme der Jodzahl. Letzteres sah man als einen Beweis dafür an, daß sich ein Zusammenschluß mehrerer Moleküle bildet unter »Aufrichtung« von Doppelbindungen. Dies scheint aber nach neueren Untersuchungen von Wolff und Cohen zweifelhaft zu sein (siehe auch »Holzöl«).

VI. Die Untersuchung der Fette und Öle. Die landläufige Untersuchung der Fette und Öle erstreckt sich auf die Bestimmung einiger physikalischer und chemischer Kennzahlen. Der hier und da noch gebrauchte Ausdruck Konstanten sollte ganz verlassen werden, da die betreffenden Zahlen bei allen Fetten und Ölen in bisweilen recht weiten Grenzen schwanken. Die wichtigsten Kennzahlen sind das spezifische Gewicht, das bei Ölen gewöhnlich bei 15° bestimmt wird (leider wird oft verabsäumt anzugeben, ob Wasser von 15 oder 4° die Einheit bildet und ob auf den luftleeren Raum reduziert wurde oder nicht). Bei festen Fetten finden sich die spezifischen Gewichte bei 40, 60 und auch bei 100° angegeben bei verschiedenen Bezugstemperaturen.

Ein sehr wichtiges Moment der Fettuntersuchung ist die Bestimmung des Brechungsindex, der entweder mit einem allgemeinen Refraktometer als Brechungsindex gemessen wird oder, sehr viel, mit dem sog. Butterrefraktometer von Zeiss, nach einer empirischen Skala. Der Brechungsindex pflegt um so höher zu sein, je mehr ungesättigte Fettsäuren in einem Fett vorhanden sind und je mehr Doppelbindungen die Fettsäuren aufweisen.

Wichtig ist ferner von chemischen Kennzahlen die Verseifungszahl, abgekürzt mit VZ bezeichnet, die angibt, wieviel Milligramm KOH die in 1 g Fett enthaltenen freien und gebundenen Fettsäuren zu binden vermögen. Entsprechend bezeichnet SZ die Säurezahl, die angibt, wieviel Milligramm KOH die in 1 g vorhandenen freien Fettsäuren zu binden vermögen, während man die Differenz der VZ und SZ als Esterzahl oder Differenzzahl bezeichnet.

Die Menge der unverseifbaren Stoffe beträgt bei den meisten Ölen und Fetten nur unter 1% oder wenig mehr. Bei Ölen mit größeren Gehalten ist dies ausdrücklich erwähnt. Die Menge des Unverseifbaren bestimmt man durch Überführung des Öls in die Seife und Extrahieren der Seifenlösung mit Petroläther.

Eine weitere sehr wichtige Kennzahl ist die Jodzahl, abgekürzt JZ, die angibt, wieviel Teile Jod 100 Teile des Fettes durch Addition aufzunehmen vermögen. Die Jodzahl hängt etwas von der Methode ab. Die am meisten angewandte ist die von Hübl. Ferner finden noch die Wijssche und die Hanussche Bestimmungsmethode viel Verwendung. Die in diesem Buche angewendeten Zahlen sind, falls nichts anderes bemerkt, Hüblsche Jodzahlen.

Eine weitere Kennzeichnung, die als besonders wichtig hier aufgenommen worden ist, ist der Erstarrungspunkt der Fettsäuren eines Fettes. Die Fettsäuren werden aus den Fetten und Ölen bereitet, indem man sie mit Alkalien verseift und die Seifen durch Mineralsäure zersetzt. Die von Mineralsäure und Wasser befreiten Fettsäuren unterkühlt man und mißt die beim Erstarren auftretende Maximaltemperatur. Wo eine Unterkühlung wegen der großen Neigung zur Kristallisation nicht erfolgt, macht sich der Erstarrungspunkt (Erstarr.-P.) bemerkbar durch längeres Konstantbleiben der Temperatur bei der Abkühlung. Den Erstarrungspunkt der Fettsäuren bezeichnet man auch als Titer der Fettsäuren.

Über die nähere Untersuchung der Fette und Öle muß auf die einschlägige Literatur verwiesen werden. Es sei nur so viel noch gesagt, daß die Trennung der flüssigen (meist ungesättigten) und der festen (meist gesättigten) Fettsäuren früher nur durch die verschiedene Löslichkeit der Bleisalze in Äther vorgenom-

men wurde (die flüssigen Fettsäuren geben ätherlösliche Bleisalze). Heute wird auch das Verhalten der Fettsäuren und auch ihrer Kalisalze gegen Azeton als Trennungsmethode benutzt und in jüngster Zeit benutzt Holde das verschiedene Verhalten der Thalliumsalze zur Trennung.

Nicht unwichtig ist auch das Verhalten einiger Fette gegen gewisse Reagentien, siehe z. B. Baumwollsamenöl, Sesamöl. Die diesen Ölen eigentümlichen Farbenreaktionen sind einigermaßen verläßlich, wohingegen man die meisten in der Literatur zu findenden als höchst unzuverlässig und nicht spezifisch genug ansehen muß. Es ist wegen der Fragwürdigkeit auch meistens von der Anführung solcher Reaktionen hier Abstand genommen worden.

Endlich soll noch auf die Bedeutung besonderer Verwendungsprüfungen hingewiesen werden, wie sie Eibner vorschlägt, der mit Recht in der schematischen Kennzahlenbestimmung nur einen Notbehelf, ja oft eine veraltete Gewohnheit erblickt. Sicher ist, daß man durch Bestimmung vieler Kennzahlen über die Beschaffenheit eines Öles oder Fettes nicht mehr erfährt als bei Ermittlung einiger weniger. Denn wie Lund und der Bearbeiter dieses Abschnittes nachgewiesen haben, sind die Kennzahlen voneinander abhängig und z. B. Brechungsindex, spezifisches Gewicht und Verseifungszahl und Jodzahl durch eine Gleichung so miteinander verbunden, daß man aus drei, ja oft auch schon aus zwei dieser Größen die übrigen berechnen kann. Nur einzelne Fette, wie solche mit zyklischen und Oxy-Fettsäuren bilden eine Ausnahme, ebenso wie Öle, die Eläostearinsäure enthalten. Aber auch für diese hat Lund besondere Formeln empirisch festgestellt.

Die Untersuchung eines Öles oder Fettes wird man im allgemeinen so vornehmen, daß man die wichtigsten Kennzahlen ermittelt und bei Verdacht auf Verschnitt Spezialreaktionen auf einzelne Fette und Öle anstellt, sei es die nur selten charakteristischen Farbenreaktionen, sei es, daß man charakteristische Bestandteile der Öle zu isolieren versucht, die die Öle enthalten, auf deren Gegenwart man Verdacht hegt. So isoliert man bei Verdacht auf Kruziferenöle die für diese charakteristische Erukasäure, bei Verdacht auf Erdnußöl die in diesem reichlicher als sonst vertretene Arachinsäure usw.

Eine Beschreibung der Methoden selbst ist hier nicht am Platze, es soll nur auf die einschlägige Literatur verwiesen werden, insbesondere auf das Handbuch der Fette, Öle und Wachse von Ubbelohde (Leipzig) und auf das Buch von Marcusson, Laboratoriumsbuch für die Untersuchung der Fette und Öle (Leipzig), das alle einschlägigen Methoden enthält, ferner auf das Werk von Holde, Untersuchung der Kohlenwasserstofföle und Fette (Berlin), und Grün, Analyse der Fette, Berlin 1925.

B. Besonderer Teil.

1. **Acanthaceenöl** von *Gilletiella congolana,* einer großen Kletterpflanze. Der Gehalt der Samen an Öl ist etwa 48 %. Das Öl ähnelt dem Olivenöl, doch ist die Genießbarkeit noch nicht sicher ($n^{D}_{22^0}$ = 1,466, SZ = 2, VZ 201, JZ 79).

2. **Amarantaceenöle,** *Celosia cristata* L. (Hahnenkamm), in China einheimisch, viel in Gärten kultiviert. Die Samen geben ein grünlichbraunes, geruchloses, sehr langsam trocknendes Öl [VZ 190, JZ 126, Erstarr.-P. der Fettsäuren 19—21° (28)].

3. **Anacardiaceenöle.**

a) Chironjiöl aus den Samen der *Buchanania latifolia* Roxb. (Malabar). Die süßschmeckenden, in Indien an Stelle von Mandeln benutzten Samen geben 40—50 % eines sehr wohlschmeckenden Speisefettes (d_{100} = 0,894, $n^{D}_{40^0}$ = 1,458, Schmelzpunkt 32°, VZ 194, JZ 57). Das Öl wird selten gepreßt, dann außer zu Speisezwecken auch technisch verwendet (29).

b) Acajouöl (30), aus den Samen von *Anacardium occidentale* L. (*Acajuba occidentalis* Gärtn., *Cassuvium pomiferum* Lam.), Indien, an der Ostküste Afrikas kultiviert. Die nierenförmigen, weißen nußartig schmeckenden Samen werden in Brasilien seit langer Zeit zur Bereitung eines Speiseöls gepreßt. Gehalt der Samen an Öl: 40—50%. Die Samen dienen als Mandelersatz. Kennzahlen des Öles nach

W. Theopold (31): $n^{D}_{25^{0}} = 1{,}465$, VZ 182 bis 187, JZ 77—84.

Anmerkung: Die Samen (*semen anacardii,* »Elefantenläuse«) enthalten im Mesokarp einen scharfen, klebrigen, harzartigen Stoff. Sie werden als Vesikans benutzt.

c) Pistazienöle (32), aus den Samen von *Pistacia vera* L. und *P. lentiscus* L. (Mittelmeergebiet). Die ersten geben durch kalte Pressung ein goldgelbes, durch Extraktion ein grünliches Öl (33) (Erstarr.-P. —8 bis —10, bzw. —5 bis —8°); $d_{15} = 0{,}918$, $n_{20} = 1{,}473$, VZ 191—193, 85—93, Erstarr.-P. der Fettsäuren 13 bis 14°. Nach Fabris und Settimj (34) enthält das Öl 20% feste Fettsäuren. Das Öl findet Verwendung in Konfiturenfabriken.

Das Öl von *P. lentiscus* findet keine Verwendung. Nach de Negri und Fabris war ein durch Benzinextraktion aus den Früchten gewonnenes Öl trübe, gelblich, von aromatischem harzigem Geruch. Bei 0° wurde es dick, bei —6° fest. Es ist entgegen den meisten Ölen nicht völlig löslich in Äther und Petroläther; der unlösliche Teil besteht aus einer wachsartigen Substanz. Es enthält etwa 19% unverseifbare Stoffe, die teilweise kristallisierbar sind [$d_{15} = 0{,}925$, SZ 17, VZ 182, JZ 92, Erstarr.-P. 27—30 (35)]. Nach H. W. Brubaker (36) könnte der Sumachbestand von Kansas jährlich 6 Millionen englische Pfund Öl liefern, das zur Seifenfabrikation, vielleicht auch zu Firnisfabrikation dienen könnte. Das von ihm extrahierte Öl (11,7%) war tiefgelb, von mildem Geruch und angenehmem Geschmack, ziemlich viskos, bei —16° vaselineartig ($d_{15} = 0{,}926$, $n_{20} = 1{,}475$, SZ = 0,9, VZ 190 bis 194, JZ 126—129).

d) Rhusöl wurde aus den enthülsten Samen von *Rhus glabra* in einer Ausbeute von 9% erhalten. Es war ein angenehm schmeckendes, eigenartig riechendes, hellgelbes Öl. Auch aus den Samenschalen wurde etwa die gleiche Menge Öl gewonnen, das bei gewöhnlicher Temperatur halbfest war und bei Azetonbehandlung einen harzigen halbfesten Körper zurückließ.

e) Heeriabeeren, von *Heria panionlata,* enthalten etwa 30% fettes Öl (37).

4. Anonaceenöle von *Rollinia exalbida* Mart., Brasilien und *Anona squamosa* L. (Sirikayafett), ferner *A. palustris, A. Avatiku, A. obtusiflora, A. reticulata* (38, 39).

Monodora myristica Dunal., trop. Afrika. Die Samen enthalten etwa 50% Fett, ferner ätherisches Öl und ein in kaltem Alkohol wenig lösliches Harz. Die Samen werden von den Eingeborenen teils als Gewürz, teils als Arznei-Ingredienz verwendet (40).

5. Apocynaceenöle.

a) Strophantusöl aus den Samen von *Strophantus hispidus* D. C. (tropisches Westafrika) und *Str. Kombé* Oliv. (Deutsch-Ostafrika). Ölgehalt der Samen nach Bjalobrsheski (41) 22%, davon etwa 13% durch Pressung gewinnbar. Das ausgepreßte Öl ist ziemlich dick, grünlich gefärbt, in der Sonne schnell bleichend, von narkotischem Geruch. Das nicht Verwendung findende Öl wurde von Bjalobrsheski, Mjoen (42) und Hofmann (43) näher untersucht. Es enthält Sitosterin an Stelle von Phytosterin.

b) Hancorniaöl aus den Samen von *Hancornia speciosa* var. pubescens (brasilianische Hochebenen), enthält nach de Vryj (44) ein fettes Öl (57% der getrockneten Samen, die außerdem ein sehr giftiges Glucosid »Thevetin« enthalten, auf das die abführende Wirkung des Öles und der Samen zurückzuführen ist. Die Samen finden, wie auch die Rinde, medizinische Verwendung. Ein ähnliches Öl enthält auch *Thevetia Ahouai* A. D. C.

c) *Cerbera Odollam* Gärtn., Ostindien (*Cerb. manghas* L.), liefert giftige Samen, die 57% fettes Öl »Odollamfett« enthalten. Das Öl soll als Brennöl und medizinisch (Wurmmittel) Verwendung finden (45).

d) *Cerbera Thevetia* L. (= *Thevetia nereifolia* Juss.), Westindien, Südamerika, liefert ein wohl kaum verwendetes, in England unter dem Namen »Exile-oil« bekanntes fettes Öl (46).

e) *Cerbera Tanghinia* Hook, Madagaskar, hat Samen mit einem Gehalt an fettem Öl von 75% (?). Die Samen sind sehr giftig (47).

f) *Wrightia zeylanica* R. Br. (*W. antidysenterica*), Ostindien, liefert in seinen Samen ein dem Odollamfett (s. o.) ähnliches fettes Öl in einer Menge von etwa 30% (48).

g) *Tabernaemontana dichotoma* (Ceylon) liefert Samen, die von den Eingeborenen gepreßt werden und ein zu Einreibungen benutztes Öl liefern (49).

6. Aprikosenkernöl (50) (aus den Samenkernen von *Prunus armenica* L., Rosacee) wird hauptsächlich in China und in Südfrankreich gewonnen. In Europa ist es selten rein, sondern verschnitten mit den Ölen anderer Rosaceen (Pfirsich, Pflaume u. a. m.).

Zur Gewinnung werden die gemahlenen Samen, teilweise auch mit der Schale, stark gepreßt. Bisweilen wird auch Wasser zugegeben und erwärmt. Bei Zusatz von Wasser kann das vorhandene Amygdalin gespalten werden, wobei sich Benzaldehyd, Blausäure und Zucker bildet.

Über die Ausbeuten geben die Angaben von Rothéa und F. de Bon (51) ein Bild. Diese Autoren erhielten bei warmer Pressung aus einem mit 5 % angefeuchteten Kernmehl bei einem Druck von 50 kg auf 1 qcm 27,2 % Öl und bei einer Nachpresse mit 400 kg auf 1 qcm noch 5,5 % Öl, also im ganzen 32,7 %. Die vorhandene Ölmenge beträgt etwa 40—45 %.

Äußere Eigenschaften: Das Aprikosenkernöl erster Pressung ist fast wasserhell, bisweilen mit einem rötlichen Schein. Das Öl zweiter Pressung hat gelbliche bis gelbe Färbung. Der Geruch ist verschieden, bisweilen ist ein Geruch nach Bittermandelöl wahrnehmbar infolge der Spaltung des Amygdalins (s. o.). Der Geschmack ist milde und dem des Mandelöls sehr ähnlich, doch sollen geübte Fachleute Mandel- und Aprikosenöl dem Geschmack nach unterscheiden können. Bei —15—20° erstarrt das Öl.

Kennzahlen: Dichte bei 15° 0,915 bis 0,920, Brechungsindex bei 25° 1,469 bis 1,471, Verseifungszahl: 188—196, Jodzahl: 95—110, Erstarrungspunkt der Fettsäuren: um 0°, Schmelzpunkt der Fettsäuren: 2—5°.

Als charakteristische Reaktion des Öles ist zu erwähnen die tiefrote Färbung, die beim Vermischen mit 1%iger ätherischer Phlorogluzinlösung entsteht. Ferner soll die Reaktion von Niklès (51) zum Nachweis von Aprikosenöl in Mandelöl dienen: 12 g Öl mit 1,5 g pulverisiertem Ätzkalk werden 15 Minuten im Wasserbade erhitzt und dann heiß filtriert. Nach Erkalten tritt bei Aprikosenöl ein milchiges Aussehen auf, während Mandelöl und Olivenöl ganz klar bleiben. Zwar geben auch andere Öle eine Trübung, aber nicht so stark wie Aprikosenkernöl.

Verwendung: Das Aprikosenkernöl dient vor allem zum Verschneiden von süßem Mandelöl, mit dem es große Ähnlichkeit hat. Die Preßkuchen dienen als Vogelfutter.

7. Asclepiadaceenöle. Die gefiederten 6—7 mm langen Samen von *Calotropis gigantea* enthalten nach Diedrichs ein olivgrünes, nicht trocknendes Öl (Brechungsindex [25°] 1,468, SZ 31, VZ 196, JZ 84, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 31°) (52).

8. Aurantiaceenöle.

a) Das Apfelsinensamenöl aus den Samen von *Citrus aurantium* L. wurde von Meyer (53) untersucht. Neuerdings hat dann Diedrichs (54) zwei Öle geprüft und kam zum Teil zu anderen Kennzahlen, die zweifellos richtiger sind: Dichte bei 15° = 0,925; Brechungsindex bei 40° = 1,464—1,465; Verseifungszahl etwa 196, Jodzahl etwa 97; SZ 0,5 und 2,7; Erstarrungspunkt der Fettsäuren 34 und 34,5° (übereinstimmend mit Meyer). Die Eigenschaften sind denen des Zitronensamenöles analog (55).

b) Zitronensamenöl, von *Citrus medica* L. = *Citrus limonum* Risso, wurde in letzter Zeit genauer untersucht. Die ersten Angaben stammen von R. Meyer (56) und Peters und Frerichs (57), die aber nicht übereinstimmen. Nach Diedrichs (58) ist die VZ (abgerundet) 196, die JZ 107, Brechungsindex bei 40° 1,466. In Indien (der Heimat des Zitronenbaumes) wurden ausführlichere Untersuchungen gemacht (59). Das Preßöl aus den Samen war grünlichgelb bis hellbraun, etwas trübe. Die Ausbeute 40 % [P. Bertolo gibt nur einen Gehalt von 30—35 % an (60)]. Der Geschmack ist nach Alex H. Bennet (61) bitter, der Geruch angenehm. Die Dichte (15°) 0,9236, nach Bennet 0,9227, Brech.-Ind. (40°) 1,4635, SZ 13,6, VZ 197,7, nach Bennet 189, JZ 109,5, Unverseifbares 0,4 %, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 34,9°. Nach Reinigung ähnelt es dem Baumwollsamenöl und kann als Speiseöl

verwendet werden. Die Preßkuchen mit etwa 30 % Rohprotein und 14 % Fett, bei 20 % Rohfaser werden gern von Rindern und Schweinen gefressen.

Zu bemerken ist noch, daß das fette Zitronensamenöl nicht zu verwechseln ist mit *oleum citri*, dem ätherischen Öl aus den Schalen der Früchte.

9. Bakterien- und Hefefett u. dgl. Über Bakterienspezies, bei denen Fette vorkommen, siehe A. Meyer (62) und Czapek (63). Die Neigung der Bakterien und Hefearten, auf geeignetem Nährboden Fett zu erzeugen, hat man während des Weltkrieges versucht, zu praktischen Zwecken auszubeuten. Besonders Lindner (64) hat sich mit der Verfettung der Bakterien beschäftigt. Bei Gegenwart von Alkohol im Nährboden verfetten die Bakterien und Hefen so stark, daß sie schon nach wenigen Tagen nicht mehr fortpflanzungsfähig sind. So sollte die schon nach fünf Tagen bis zu diesem Punkt vorgeschrittene Verfettung von *Endomyzes crualis* zur technischen Fetterzeugung dienen (was allerdings keinen durchschlagenden Erfolg hatte).

Die Verfettung der Tuberkelbazillen durch Gegenwart von Alkohol und Luft (beides muß gleichzeitig vorhanden sein) bedingt nach Lindner auch die Erfolge, die man in Luftkurorten bei Schwindsüchtigen nach Darreichung von kleinen Alkoholgaben bemerkt hat. Die Tuberkelbazillen verfetten und verlieren die Vermehrungsfähigkeit.

Die Zusammensetzung des Hefefettes ähnelt nach C. Warder (65) der des Olivenöls.

Bei den grünen Algen kommen sehr wahrscheinlich in den Sporen häufig Fette vor. Auch in den Vegetationskörpern der grünen Algen wurde vielfach Fett angenommen, das nach A. Meyer (66) aber zum größten Teile Assimilationssekret und nicht »Fettant« ist (s. Einleitung).

Dasselbe ist bei dem Fett der Diatomeen der Fall, wie auch bei Florideen, Phaeophyceen und Zyanophyceen. Jedoch sind hier überall die Verhältnisse noch nicht sicher geklärt.

Über das Öl von *Sekale cornutum*, dem Sklerotium von *Claviceps purpurea* (Pyrenomycete) s. Mjoen (67) und Rathge (68) (Ölgehalt etwa 30 %).

Über die Öle von Pilzen siehe unter Pilzöle.

10. Balsaminaceenöle. Von Balsaminaceenölen findet sich ohne nähere Beschreibung nur das Samenöl von *Impatiens racemosa* D. C. (Heimat Indien) erwähnt, das für Genußzwecke und als Beleuchtungsöl geeignet sein soll (69).

Betulaceenöle siehe Haselnußöl (Nr. 43).

11. Bignoniaceenöle. Das Öl von *Stenolobium stans* wird von Peckolt als hellbräunlich, geruchlos, aber ekelerregend kratzend schmeckend, geschildert. Auch die Blätter enthalten eine geringe Menge Öl. (Peckolt, Ber. dtsch. pharm. Ges. 1912, 31; B. Niederstadt, ebenda, 1902, 45.)

Bignoniaceenöle von *Pithecoctonium echinatum* (70), Brasilien, von *Bignonia flava* Vill. (70), *Stenolobium stans* D. Don. (71), *Zeyhera tuberculosa* Bur. (72) sind nichttrocknende Öle.

12. Baumwollsamenöl (Kottonöl). Die Samen der zahlreichen Baumwollarten der Gattung Gossypium (Familie der Malvaceen) wurden anfangs als ein lästiges Nebenprodukt der Fasergewinnung betrachtet. Im Anfang des neunzehnten Jahrhunderts verwendete man sie zu Düngezwecken und erst Mitte des vorigen Jahrhunderts begann man, in größerem Maßstabe das heute so wichtige Baumwollsamen- oder Kottonöl zu gewinnen. Frankreich, Italien, Deutschland, Österreich, vor allem aber Amerika sind die Produzenten dieses Öles. Zur Gewinnung dient die entfaserte Saat, die aber noch immer einen Bestand von kurzen Fasern aufweist. (Abb. 1, 2.) Nach Absieben und Abblasen der lose sitzenden Haare und des Staubes wird der Faserrest durch Entfaserungsmaschinen als sogen. Säge-Linters entfernt. Diese werden von der Watte- und Papierfabrikation aufgenommen. Mittels Messerwalzen wird dann die Saat zerschlagen, wobei die lose sitzenden Kerne herausfallen. Das Saatfleisch wird dann in Walzenstühlen zerkleinert und erwärmt, um zu feuchte Saat zu trocknen. Andererseits muß zu trockne Saat angefeuchtet werden, da das aus ihr gepreßte Öl sonst schwer zu raffinieren ist (73).

Bei der nun folgenden Pressung setzt man dem Preßgut bis zu 10% Schalen bis-

weilen wieder zu, da dadurch die Ölausbeute (die Schalenanteile zerreißen infolge ihrer Härte die Zellen) gesteigert wird. Diese Art der Verarbeitung ist vielfach in Amerika üblich, während man in Europa meistens die Pressung, ohne zu schälen, in Etagenpressen vornimmt, wobei, ohne Verminderung der Qualität, die Ölausbeute noch höher ist, als bei der amerikanischen Art. Bei dieser enthalten die Preßrückstände nämlich noch etwa 9% Öl, während bei der europäischen Art dieser Gehalt nur 4—5% beträgt.

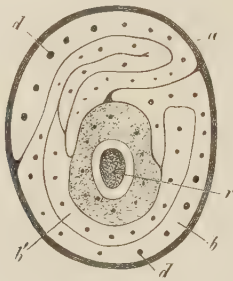


Abb. 1.
Lupenbild eines quer durchschnittenen Baumwollsamens. *a* Samenschale, *b b'* Keimblätter, *d d* Sekretbehälter (Harzdrüsen), *r* Würzelchen. (Wiesner.)

Das von den Pressen ablaufende Öl muß schnell von den mitgerissenen Pflanzenteilchen und von Wasser getrennt werden, da es sonst leicht in Gärung übergeht und stark sauer wird. Das Öl wird dann einer Raffination unterzogen, indem es mit Laugen behandelt wird. Dies geschieht vielfach, wenn nicht überwiegend, in besonderen Raffinerien und nicht in den Ölmühlen selbst. Der bei der Behandlung mit Lauge sich absetzende Rückstand besteht aus Seife, die sich durch Neutralisation der freien Fettsäuren gebildet hat, ferner aus Neutralöl und mitgerissenem Farbstoff (s. Farbstoffe Nr. 104) und hat bisweilen auch nur einen geringen Gehalt an freier Lauge. Er wird als »Soapstock« (mucilage, Baumwollölersatz) bezeichnet (s. a. Verwendung). Das raffinierte Öl wird dann durch Stehenlassen geklärt, auch filtriert und mit Bleicherden gebleicht. Öle, die nicht mit Bleicherde behandelt werden, werden bisweilen beim Stehen infolge geringer kolloid gelöster und sich allmählich ausscheidender Mengen Wasser wieder trüb (74).

Um ein kältebeständiges Öl zu erhalten, wird durch Abkühlen und Abpressen der ausfallenden festen Glyzeride das Baumwollsamenöl »destearinierte«.

Äußere Eigenschaften: Rohes Kottonöl ist dunkelbraun bis schwarz oder

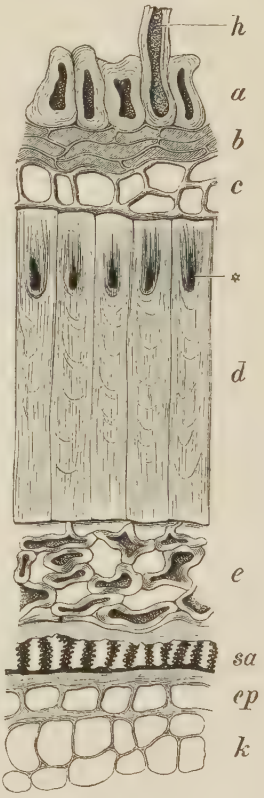


Abb. 2.
Gossypium herbaceum. Partie eines Querschnitts durch die Samenschale und das Endosperm. *a* Epidermis mit Haar *h*, *b* (erste) Pigmentschicht, *c* farblose oder Kristallschicht, *d* Palisadenschicht, bei * das Lumen, *e* zweite Pigmentschicht (die großen Interzellularräume sind nur an einer bestimmten, inselartig isolierten Stelle der Samenschale vorhanden), *s a* Fransenzellen (Nuzellarepithel), *e p* erste Schicht des Endosperms, *k* dünnwandige Endospermzellen. Vergr. 300.

tiefrot gefärbt, raffiniertes hellgelb bis fast farblos. Die Rohöle setzen beim Stehen Schleim ab, und zwar die Öle aus indischer Saat um 10 % rötlichen, losen, die aus ägyptischer nur etwa 4 % schwarzen, festen Satz.

Kennzahlen: Spez. Gewicht bei 15° 0,922—0,930, Brechungsexponent bei 20° 1,474—1,476, Verseifungszahl 191—198, meist um 195, Jodzahl 100—120 (meist 105—110), Erstarrungsp. der Fettsäuren: 32—38°.

Chemische Zusammensetzung: Die Zusammensetzung des Öles schwankt je nach der Destearinierung. Im allgemeinen sind etwa um 25 % feste Fettsäuren und 75 % ungesättigte vorhanden. Die ungesättigten sind hauptsächlich Öl- und Linolsäure, sowie äußerst geringe Mengen Linolensäure. Die festen Säuren sind Palmitinsäure, Stearinsäure und angeblich auch etwas Arachinsäure (75). Sehr fraglich ist die Existenz einer der Rizinolsäurereihe angehörenden Säure, die Papasoglie (76) gefunden haben will. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Fettoxysäure, die durch Oxydation der Linolsäure entstanden ist. Jedenfalls fand Fahrion (77) in einem Öl 3,6 % Oxysäuren.

Nach Letzterem ist auch ein aldehydartiger Körper in geringen Mengen vorhanden, der in Form eines gelben, allmählich in nadelförmigen Kristallen erstarrenden Öles erhalten wurde.

Kottonöl kann sowohl für sich, wie in Gemischen, durch die Halphensche Reaktion (78) erkannt werden. Erhitzt man nämlich gleiche Raumteile Öl, Amylalkohol und Schwefelkohlenstoff, der 1% Schwefel gelöst enthält, eine Viertelstunde in siedender Kochsalzlösung, so tritt eine orange bis rote Färbung ein. Die Reaktion, für die zahllose Varianten in der Literatur angegeben werden, wird nicht mehr von Öl gegeben, das mehrere Stunden auf 170—180° erhitzt wurde. Beim Erhitzen auf 250° genügen schon 10 Minuten, um die Reaktionsfähigkeit des Öles auszuschalten, nicht jedoch 10 Minuten langes Erhitzen auf 200°. Der Träger der Reaktion ist noch unbekannt, man nimmt an, eine ungesättigte Säure. Die Reaktion hat zahlreiche Abänderungsvorschläge hervorgerufen (79).

Verwendung: Raffiniertes Kottonöl wird in großem Maßstabe als Speiseöl verwendet (Backöl, Bratöl usw.), auch als Tafel- bzw. Salatöl, teils für sich, teils in Mischung mit anderen Ölen (Sesamöl, Olivenöl u. a. m.). Eine Geschmacksverbesserung soll nach einem amerikanischen Verfahren durch Zusatz von 3% Arachisöl erzielt werden (80). Ferner wird Kottonöl in der Margarinefabrikation verwendet, sowohl in raffiniertem Zustande als auch gehärtet (durch Wasserstoff reduziert und dadurch fest geworden). Als technische Verwendung ist die zur Herstellung von Faktis (Füllmaterial von Gummiwaren durch Behandlung des Öles mit Schwefel oder Schwefelchlorür) zu nennen, ferner die Seifenindustrie, die es in großem Maße besonders für die Herstellung von Schmierseifen benutzt. (Kernseifen, die ausschließlich aus Kottonöl bereitet werden, gilben leicht und werden leicht ranzig).

Geblasenes (mit heißer Luft behandeltes) Kottonöl dient zur Erhöhung der Viskosität von Schmierölen (Compoundöle).

Der Soapstock (siehe oben), der einen Gehalt an Fettsäuren zwischen etwa 45—70 % aufweist, wird bei heller Farbe unmittelbar zur Herstellung geringwertiger Textilseifen verwendet, ferner zur Gewinnung von Stearin und Olein (81). Evtl. wird Soapstock auch mit Chlorkalk und Schwefelsäure oder mit Natriumsuperoxyd gebleicht. Ein anderes Produkt, das in England bei der Raffination von Öl aus ägyptischer Saat mit Schwefelsäure erhalten wird (»Blackgrease«), wird dort zur Herstellung von schwarzen Seifen (82), auch von Druckerschwärze benutzt (83).

Das Baumwollstearin (s. oben) findet Anwendung in der Margarinefabrikation, der Seifenindustrie und in der Kerzenindustrie zur Gewinnung von »Stearinsäure« (richtiger Palmitinsäure, da nach Hehner und Mitchell nur rund 3 % Stearinsäure in Kottonstearin zugegen sind). Kottonstearin gibt die gleichen Reaktionen wie das Öl (84).

Handelssorten: Von Rohölen unterscheidet die »Interstate Cotton Crushers Association« drei Sorten:

1. Prima Rohöl (prime crude oil), reiner Geschmack, frei von Wasser und Schmutz, Raffinationsverlust [nach einem festgelegten Verfahren bestimmt (85)] nicht über 9 %.

2. Primissima Rohöl (choice crude oil) wie 1., aber nur bis 7 % Raffinationsverlust (bei Texasöl nur bis 6 %).

3. Sekunda-Öl (off oil) wird nach Muster gehandelt. Der Unterschied im Raffinationsverlust darf zwischen Muster und Ware nicht über 2 % betragen, anderenfalls braucht Abnahme nicht zu erfolgen.

Bei raffinierten Ölen werden gelbe und weiße Öle, bei beiden auch noch »Sommer-« und Winteröle unterschieden. Die letzteren unterscheiden sich von den ersteren durch die bessere Entfernung der »Stearine« und infolgedessen durch niedrigeren Erstarrungspunkt. Nach der Tiefe der Färbung (bestimmt mit dem Kolorimeter nach Lovibond) werden bei allen Ölen noch Unterteilungen in Choice, Prime- und Offoil gemacht.

Die Menge der freien Säuren ist in raffinierten Ölen sehr gering, meist unter 0,5 %, höchstens aber 1 %.

Statistik: Die Weltproduktion wird auf 5 Mill. t Samen jährlich geschätzt. Die deutsche Öleinfuhr schwankte vor dem Kriege ziemlich stark und fiel seit 1905 im allgemeinen, während die Saateinfuhr stieg. Die Saateinfuhr betrug 1921 3858 t (davon 3498 aus Ägypten), 1913 hatte sie 219 797 t betragen (207 838 aus Ägypten). Die Öleinfuhr betrug 1921 8569 t (5690 aus den Niederlanden, 1894 aus U. S. A.), während sie 1913 16 280 t betrug, von denen 6094 aus Großbritannien und 9999 aus U. S. A. stammte.

Behenöl s. Moringaceen.

13. **Bombaceenfette** (86). Untersucht wurde das Öl von *Bombax aquaticum* K. Schumann, Heimat Brasilien, heimische Bezeichnung *Mamo Rana, Castanha de Ceara, Castanha Marubao.* Die olivenförmigen Samen von etwa 12 cm Länge und 6—7 cm Breite enthalten ungeschält etwa 25 %, geschält etwa 40 % rotbräunliches Fett von schmalzartiger Konsistenz. Auch *B. cyathophorum* und *B. gracilipes* Schumann liefern ähnliche Fette.

Adansonia digitata (Affenbrotbaum) liefert ein Fett (25 % der Samen), das in Madagaskar durch Auskochen gewonnen wird und den Eingeborenen als Speisefett dient. Es würde sich zu Nahrungszwecken, Speisefetten und in der Parfümerie wegen seiner Geruchlosigkeit und seines milden Geschmackes gut eignen.

Kapoköl von *Bombax pentandrum* (*Ceiba pentandra* Gaertn. = *Eriodendron anfractuosum*), tropisches Amerika (Mexiko, Antillen, Guayana, Nordbrasilien). Der Samenwolle wegen häufig angepflanzt (Ostindien, Java, trop. Afrika). Die harte Schale des Samens macht etwa 44 % des Samens aus. Die Samen enthalten etwa 24% Fett (22—17% in den getrockneten Samen). Zur Gewinnung werden die Samen nach Faserentfernung zerkleinert und gepreßt. Das hellgelbe angenehm riechende Öl ist dickflüssig, stearinreich, meistens aber bei Zimmertemperatur flüssig. (Andere Angaben beziehen sich auf alte Öle.) Es ist dem Kottonöl ähnlich. Nach Philipp sind 30% feste und 70 % flüssige Fettsäuren (Ölsäure, Palmitinsäure und andere) vorhanden. Die Kennzahlen sind sehr verschieden angegeben ($d_{15} = 0{,}920$—$0{,}930$!, $n_{D20} = 1{,}4685$ bis 1,471, VZ 191—194 [180—200?], JZ um 95 [70—129 ?], Erstarrungspunkt der Fettsäuren 22—34 ?, wahrscheinlich bei reinem Öl um 28°). Die Samen kommen zur Ölgewinnung nach Europa (vornehmlich Holland). (Ubbelohde, Handbuch II, 265 ff., s. a. C. D. v. Georgi, J. Soc. Chem. Ind. [1923] 462.)

Auch *Bombax ceiba* und *B. heptaphyllum* geben entsprechende Öle (ebenda).

Ferner wurden die Öle von *Bombax crenulatum* (87), *Chorisia speziosa* (88), *Ch. Peckoltiana* (87) untersucht.

Bombax malabaricum D. C. (malabarischer Wollbaum), Vorderindien bis Nordaustralien. Das Samenöl (89) ist dem Baumwollsamenöl ähnlich. Das Öl wird auch als »indisches Kapoköl« bezeichnet, ebenso wie das Öl des javanischen Kapok von *Eriodendron anfractuosum.*

Pochotteöl (90) aus den Samen von *Eriodendron occidentale* D. C. u. *aesculifolium* (= *Ceiba occidentalis* u. *aesculifolia*), Mexiko, Philippinen. Ein bernsteingelbes Öl von bitterem Geschmack und kokosartigem Geruch ($d_{15,5} = 0{,}925$; SZ 44; VZ 192, JZ 86, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 29°).

Borneotalg siehe Diptherocarpaceen.

14. **Borraginaceenöle.** Cordiaöl von der *Borraginacee Cordia atrofusca* ist nach Peckolt ein gelbliches Öl von macisartigem Geschmack (91).

15. **Buchenkernöl,** Bucheckernöl (92) aus den Samen von *Fagus silvatica* L. schon Anfang des 18. Jahrhunderts in England gewonnen. Es wird nur im Kleinbetrieb gewonnen. (Thüringen, Hannover, am Rhein und in Nordfrankreich.) Über Gewinnung des Öles in der Schweiz berichtet Wanger (93). Es wird mei-

stens an den Gewinnungsorten als Speiseöl verwendet. Für die Seifenfabrikation soll es nicht geeignet sein. d_{15} = 0,920 bis 0,9225, VZ 191—196, JZ 100—112 [s. a. Heiduschka (94)].

Die Preßkuchen können nur mit Vorsicht verfüttert werden, da sie einen giftigen Stoff »Fagin« enthalten, der nach J. Habermann Alkaloidnatur hat (95).

16. Burseraceenöle. Kanarienöl (96) von mehreren Canariumarten, besonders aber von *Canarium commune* L. (= *Bursera paniculata*). Die Samen sind harte, dreifächrige Steinkerne mit meist nur zwei ausgebildeten Samenkernen (= etwa 13 % der Samen, die ein Gewicht von etwa 6 g haben). Die Samenkerne haben einen Fettgehalt von etwa 65 %. P. Pastrovich (97) erhielt durch Pressen etwa 56 % Öl, das geruchlos war, von angenehmem Geschmack und hellgelber Farbe.

Die von Wedemeyer (98) und von Pastrovich (a. a. O.) und Wijs (99) gefundenen Kennzahlen sind: Dichte (40/40°) = 0.895—0,905. Schmelzpunkt 18 bis 28°, VZ 193—198, JZ etwa 65; n_{40} = 1,459. Erstarrungspunkt der Fettsäuren 37—41°. Nach Pastrovich bestehen die wasserunlöslichen Fettsäuren aus etwa 30 % Palmitinsäure, 15 % Stearinsäure, 43 % Ölsäure, 12 % Linolsäure.

Verwendung im Malaiischen Archipel als Speise- und Brennöl; nach Europa kaum ausgeführt. Nach Semler sind die Molukken und Java das Hauptverwendungsgebiet. Nach Rosenthal soll es leicht purgierend wirken.

Javamandelöl (100) von *Canarium polyphyllum*, Neuguinea. Die wallnußgroßen Samenfrüchte enthalten etwa 60 % Fett (Erstarrungspunkt etwa 20°, n_{20} etwa 1,475, VZ 200, JZ 60). Das Fett würde sich gut zur Margarinefabrikation eignen.

Pilinußöl (101). Öl aus den Samen von *Canarium ovatum*, einem Baum von 20 m Höhe und 40 cm Durchm., der auf den Philippinen vorkommt.

Nach Brill und Agraolli ergeben die Samen 74% Fett mit einer Jodzahl von 59—61 und Verseifungszahl von 186 bis 192.

Aus dem gepreßten Öl scheidet sich nach einigen Stunden eine geringe Menge Stearin aus. Das davon filtrierte Öl hat Dichte (30/4°) 0,9069, Brechungsindex (30°) 1,4646, Jodzahl (Hübl) 56, Verseifungszahl 197, Säurezahl 1,4 und nur 0,2% Unverseifbares. Etwa 57 % gesättigte Säuren und 38 % ungesättigte. Die ersteren nach der Jodzahl (89,9) nur Ölsäure.

Oleinglyzerid 59,6% Palmitinsäureglyzerid 38%, Stearinsäureglyzerid 1,8%. Es läßt sich bis zu einer Jodzahl 0,76 härten, hat dann den Schmelzpunkt 66 bis 66,8°.

Can. decumanum Rumph., *Can. oleosum* Engl. Tropenländer der Alten Welt. Die Samen geben ein als Speise- und Brennöl verwendbares Öl [Engler (102), Grimme (103)]. *Can. Schweinfurthii* Engl. liefert ein rotes wohlriechendes Öl. (Wiesner, Rohstoffe, 2. Aufl., I, 474.)

17. Capparidaceenöle. Die kleinen Samen von *Cleome vicosa* (Pillenbaum), Indien, enthalten 9 % eines nicht trocknenden, sehr dünnflüssigen, milde schmeckenden, olivgrünen Öles [d_{15} = 0,908 (104)].

Cleome gigantea L. (Rio de Janeiro) enthält nach Peckolt 9,5% eines rotbräunlichen geruchlosen Fettes, von gänseschmalzartiger Konsistenz und unangenehmem ranzigem Geschmack (d_{22} = 0,833) (105).

18. Caprifoliaceenöle. Holunderbeerenöl wird wohl nur als Produkt einer Hausindustrie in einzelnen Gegenden gewonnen. Das fette Öl des Fruchtfleisches der reifen Beeren von *Sambucus racemosa* L. Die Beeren werden erst mit der Hand, dann in Spindelpressen gepreßt. Der trübe Preßsaft wird dann gekocht und das im Schaum suspendierte Öl durch Abschöpfen des Schaumes und Eindampfen bis zur Ölabscheidung gewonnen. Das tiefrote, nichttrocknende Öl riecht beim Erwärmen deutlich nach Holunder. Beim Stehen scheidet sich ein festes Glyzerid (Tripalmitin?) aus. Ein von Byers und Hopkins (106) extrahiertes Öl war gelb, wurde beim Erwärmen dunkel. Zwei Drittel der Fettsäuren sind flüssig und bestehen aus Öl-, Linolsäure und vielleicht auch Oxysäuren. (Linolsäure etwa 8% der flüssigen Fettsäuren.) Die etwa 21 % festen Fettsäuren bestehen aus Palmitin- und Arachinsäure und geringen Mengen einer Säure von niedrigem Mol.-Gew. [nach B. und H.

(106), Kapron-, Kapryl- und Kaprinsäure]. d_{15} = 0,907—0,917, $n_{D_{20}}$ = 1,472, VZ 197 bis 209, JZ 81—111 (??).

In Übereinstimmung mit den Resultaten von Byers und Hopkins fanden H. Matthes und W. Rossié (Arch. d. Pharm. 1918, 284) etwa 10% Linolensäure, 32% Linolsäure und 55—58% Ölsäure in den flüssigen Fettsäuren, die 74% des Öles ausmachen, während 22% feste vorhanden sind. Isolinolensäure wurde nicht erhalten. Das Öl wird als ungiftig und verwendbar zu Genußzwecken und technischen Zwecken bezeichnet. Es wird angeführt, daß das aus den Samenkernen von *Sambucus racemosa* gepreßte Öl in der Saalfelder Gegend früher zu Koch- und Backzwecken Verwendung gefunden haben soll. Das Öl war aus den vom Fruchtfleisch durch Abwaschen und Abpressen befreiten Samenkernen gepreßt worden. Das Öl aus den Samen ist nach Thoms giftig (brechenerregend und abführend), es hatte entgegen der Jodzahl des Samenkernöls von 117 (andere Autoren fanden Jodzahlen bis 80 herab) eine solche von 177.

Das Öl wird als Volksheilmittel in Obersteiermark angewendet.

Das Öl einer anderen Caprifoliacee, des Zwergholunders *Sambucus ebulus* L. hat Radulescu (107) untersucht (d_{15}? = 0,932, JZ 83).

Carapafett siehe Meliaceen.

19. Caricaceenöl. Als einziges Caricaceenöl findet sich das von Peckolt (108) untersuchte Öl von *Carica papaya* L. als nichttrocknendes, dunkelgelbes bis rotbraunes Öl, das beim Stehen kristallinische Ausscheidungen aufweist, angeführt (d_{25} = 0,881), VZ 185—187, JZ 51 nach Niederstadt (109).

20. Caryocaraceenfette. Über die Herkunft der Fette, Samen und Samenfette der verschiedenen Arten der Gattung *Caryocar* bestehen Unsicherheiten. Nach Semler (110) sollen die Suarinüsse nur von *Caryocar nuciferum* stammen (111), sonst wird auch *C. tomentosum* (*Pekea guayanensis*) genannt, sowie *C. amygdaliferum, C. glabrum* und *C. brasiliense*. Suarinüsse sind die von einer harten Schale umschlossenen Steinkerne, die nierenförmig und etwa hühnereigroß sind. Ein von Lewkowitsch untersuchtes Fett hatte die Kennzahlen: $d_{40/15}$ = 0,898, Erstarrungspunkt 29—23°, Schmelzpunkt 29—35°, VZ 200, JZ 50. Es bestand aus den Glyzeriden der Palmitinsäure, Ölsäure und geringen Mengen einer leicht in Lakton überführbaren Oxysäure. Nach Schaedler heißt das Fett von *C. brasiliense* Caryocaöl, huile de Piquia. Das Fett von *C. nuciferum* nennt Peckolt (112) auch afrikanisches Butterbaumsamenöl. Das Fett von *Rhizobulus butyrosa* W. (Butternußbaum) gibt nach Schaedler (111) aus der ölreifen butterartigen Mittelschicht das Pekeafett. Die Caryocaraceen haben das tropische Amerika zur Heimat.

21. Celastraceenöle. Das Öl von *Celastrus panniculata* Willd. bildet nach Schaedler (113) in der Heimat der Pflanze (Ostindien, Ceylon, Philippinen, Sundainseln) einen verbreiteten Handelsartikel. Es wird als Brennöl (bei Kulthandlungen) und als nervenanregendes Mittel verwendet, auch äußerlich. Es wird Dudukö l genannt.

Das Öl der Celastracee *Evonymus europaeus* L. (gemeiner Spindelbaum) ist dickflüssig, durch einen beim Erstarren sich ausscheidenden rotbraunen Farbstoff gefärbt, der nach Kochs nur im Arillus des Samens vorkommt. Es hat widrigen, an Rapsöl erinnernden Geruch, und bitteren kratzenden Geschmack (d_{15} = 0,939, Brechungsindex (40°) 1,461, VZ 230. In Tirol soll das Öl als Brennöl und Mittel gegen Ungeziefer verwendet werden. Es soll u. a. freie Benzoesäure und Essigsäureglyzerid enthalten (114).

Chaulmugraöl siehe Flacourtiaceen.

22. Chenopodiaceenöl. Zuckerrübensamenöl aus den Samen von *Beta vulgaris* wurde von Strohmer und Fallada (115) untersucht; es war ein gelbgrünes, schwachtrocknendes Öl (JZ 96); es soll u. a. auch Rizinolsäure enthalten.

23. Chinesischer Talg (Vegetabilischer Talg) ist das Fett des Fruchtfleisches von *Sapium sebiferum* Roxb., Euphorbiacee (= *Stillingia sebifera* Juss. = *Croton sebiferum* Finn.). Der Baum wächst in China wild, wird aber auch kultiviert. Er wurde nach Nordindien und auch nach Südkarolina eingeführt, wo er aber z. T. als Zierbaum ange-

pflanzt wird (116). Die Früchte sind kaffeebohnen- bis haselnußgroß, schwarzbraun und zeigen die für Euphorbiaceen charakteristische dreiknotige Gestalt. Die erbsengroßen, von einer Steinschale umgebenen Samenkerne enthalten ein Öl, das von dem festen Fett des Fruchtfleisches, dem chinesischen Talg, völlig verschieden ist (s. u.).

Über die Gewinnung finden sich folgende Angaben: Die reifen, im November und Dezember gesammelten Samen werden entschält, die Samenschalen fein zerkleinert und ein- bis zweimal gepreßt (117). Nach anderen Angaben (118) werden die Samen in große, mit zahlreichen Löchern versehene Holzzylinder gebracht und mit heißem Wasserdampf behandelt, wobei der Talg abfließt. Dieser wird dann durch Umschmelzen und Filtrieren noch gereinigt. Das so gewonnene Fett gilt als das beste und führt den Namen »Pi-ieou« oder »Pi-yu«. Die zurückbleibenden Samenkerne werden dann mit Wasser erhitzt und zur Gewinnung des Stillingiaöles stark gepreßt. Endlich werden auch die Samen erst zerkleinert (mit der äußeren Talgschicht) und mit heißem Wasserdampf behandelt, worauf schwach gepreßt wird. Das so gewonnene, dann noch über heißer Asche erwärmte und durch Stroh filtrierte Fett »mou-ieou«, ist ein Gemisch des Fruchtfleisch- und Kernfettes (119). Es wird als Chinesischer Talg gleichwohl bezeichnet und bildet vorzugsweise den Exportartikel, während das bessere Fett in China selbst verbraucht wird.

Die verschiedene Gewinnungsart erklärt die recht verschiedene Beschaffenheit des Produktes.

Äußere Beschaffenheit: Die Farbe ist weiß, grünlich (durch Wasserdampf ausgeschmolzener Talg), grüngelb (warm gepreßt). Das Fett ist geruch- und geschmacklos. Das reine Fruchtfleischfett ist hart und fettet, im Gegensatz zu dem Kernöl enthaltenden, auf Papier nur wenig ab. In heißem absoluten Alkohol ist der chinesische Talg völlig löslich, scheidet sich aber beim Erkalten wieder bis auf 3—4% aus.

Kennzahlen: Erstarrungspunkt 24 bis 29° (extrahiertes Fett 34°), d_{15} = 0,915 bis 0,922, n_{40} um 1,456 (1,477 beim Stillingiaöl), VZ etwa 200—210, JZ 28—38 (155 beim Stillingiaöl), Erstarrungspunkt der Fettsäuren 42—52°, um 35° bei extrahiertem Fett (12 beim Stillingiaöl).

Zusammensetzung: Nach Klimont (120) besteht der Talg aus Dipalmitoolein und wahrscheinlich auch Distearoolein.

Handelsform usw.: Das Fett wird in Blöcken von der Form eines abgestumpften Kegels an die Ausfuhrplätze befördert und dort zur Reinigung umgeschmolzen. Wegen der sonst zu heißen Temperatur findet die Verschiffung nur Oktober bis April statt. Der Hauptausfuhrhafen ist Hankow. Aus China wurden 1922 64 056 picul (= 387,4 t) Talg unmittelbar ins Ausland geschafft. In Hankow wurden 1922 im ganzen 164 482 picul (= 994,8 t) verladen. Hauptabnehmer ist jetzt Amerika, früher ging etwa ein Drittel nach England (121).

Die Verwendung liegt auf dem Gebiete der Kerzenindustrie. In der Seifenfabrikation kann chinesischer Talg nur in kleineren Zusätzen verwendet werden, da die Seife aus reinem Talg schlecht schäumt, anfangs schmierig ist und dann sehr spröde wird.

In China findet das grüne Fett zur Herstellung für Kerzen zu Kultzwecken Verwendung. Die Handelsform ist Stücke, eiförmig, 55—60 kg schwer; die Umhüllung ist Reisstroh oder Bast.

24. **Colchicaceenöl.** Sabadillöl aus den Samen der Colchicacee *Schoenocaulum officinale* (*Sabadilla officinarum*) ist ein bei —2° erstarrendes, gelblichrotes, stark riechendes Öl [d_{15} = 0,931, VZ 193, JZ 76, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 28—30° (122)].

25. **Combretaceenöle.** Untersucht wurden Öle von *Terminalia bellerica* Roxb. (*Terminalia punctata* D. C.), *T. catappa* L. und *T. chebula* Resz. Die Früchte dieser Pflanzen sind im Handel unter dem Namen Myrobalanen bekannt. Heimat Indien, teilweise erhebliche Kulturen. *T. bellerica* (arab. Béleyluj, pers. Beleyleh) liefert das Myrobalanenöl. Hefter fand in den Samenkernen 44% Öl.

T. catappa (wilder oder indischer Mandelbaum) enthält in den Samen etwa 50% eines hellgelben, fast geruchlosen

Öles von sehr angenehmem Geschmack. Nach Schaedler wird es schwer ranzig und übertrifft an Feinheit das Mandelöl. Außer zur Ölbereitung dienen die Samen bei den Eingeborenen als Nahrungsmittel.

Die Samen von *Terminalia chebula* (*Myrobalanus cheb.* Gaertn.) liefern das Chebuöl. Sie sind ölärmer als die vorhergehenden Arten. Th. Peckolt konnte bei 26 von 60 Arten Verwendung feststellen. Als ölreich werden noch die Samen von *T. tanibouca* Rich. geschildert (123).

Die Chignitébutter ist das Fett der Samen von *Combretum butyrosum* (Bertol.) Tul. Es ist weiß, fest, schwach aromatisch und besteht nach Semler aus $^1/_4$ Olein und $^3/_4$ Margarin (?). Die Chignitébutter wird von den Kaffern nach Mozambik auf den Markt gebracht (124).

26. Von Convolvulaceenölen wurden untersucht die Öle von *Pharbitis nil* L., Persien, Turkestan, Ostindien. Die Samen seit alters her wegen ihrer arzneilichen Wirkung verwendet. *Pharb. triloba* Mign., Japan. Neben Harz und Gerbstoff und einer Säure fanden Flückiger und Hanburry 14% fettes Öl. Cromer erhielt durch Extraktion 13,5% Öl, gelb, geschmack- und geruchlos, von der Konsistenz des Olivenöls. (VZ 194, JZ 96). Hauptsächlich aus Glyzeriden der Ölsäure neben kleineren Mengen von Palmitinsäure- und Stearinsäureglyzerid. Sehr wenig Essigsäureglyzerid und Lezithin. *Pharb. nil* gilt als Abführmittel und im Turkestan auch als Anthelminticum (125).

27. Die Coniferenöle.

a) Tannensamenöl (126) von *Abies alba* Mill. (*Abies excelsa* L. K., *Abies pectinata* D. C., *Pinus picea* L.). Zur Gewinnung der Samen werden die Zapfen im September gesammelt. 45 kg geben 3 kg gereinigten Samen, die 25—30 % Öl enthalten. Das Öl ist klar, braungelb und hat aromatischen, terpentinölartigen Geschmack von der Dichte 0,9215—0,931 und der JZ 119 bis 120. Es soll als Brennöl benutzt werden und zur Firnisdarstellung geeignet sein.

b) Fichtensamenöl von *Picea excelsa* Link. (= *Pinus abies* L., *Abies excelsa* D. C.). Die Samen enthalten 25 bis 30% goldgelbes Öl, das dem des Tannensamens ähnelt, aber schwerer trocknet. Spez. Gewicht 15° 0,9215—0,929, Verwendung wie Tannensamenöl (127).

c) Piniensamenöl von *Pinus pinea* L. ist hellgelb (gepreßtes braun), von angenehmem Geschmack, fast geruchlos. Nach Matthes und Rossié (128) besteht das aus den Samen gepreßte Öl aus 5,5% festen Fettsäuren (die zu 8% Stearinsäure, zu 92% Palmitinsäure sind) und etwa 94,5% flüssigen Fettsäuren (etwa 51—57% Ölsäure und 43—49% Linolsäure). Bei der Liebermann-Reaktion wird es violett, blau, dunkelblau und endlich blaugrün. Die Kerne kommen als Piniensamen, Piniolen, pigneoli, pinocchi (ital.), pignons (franz.), in den Handel. Die Preßrückstände sollen nach Matthes und Rossié als Marzipanzutat verwendet werden, das Öl wird in der Heimat als Speiseöl verwendet, auch zur Seifengewinnung und Firnisdarstellung.

Öl des Zwergkiefersamens von *Pinus montana* Mill. 30% dickes gelbes Öl, $d_{15} = 0{,}932$, $n_{35} = 1{,}470$, VZ 189, JZ 146, stark trocknend (129).

d) Kiefernsamenöl von *Pinus silvestris* L. 32% Öl, bräunlichgelb, sehr dickflüssig, $d_{15} = 0{,}932$, $n_{35} = 1{,}470$, VZ 190, JZ 147. Das Öl soll als Brennöl benutzt werden können und einen vorzüglichen Firnis liefern (129).

e) *Pinus Gerardiana* Wall. Die Samen (Chujin- oder Neja [Neoza-] Samen) liefern 30% eines dicken Öles [$d_{15} = 0{,}931$, $n_{35} = 1{,}468$, JZ 118, VZ 191 (129)].

f) *Cupressus sempervirens* L. var. *horizontalis* und *Thuja occidentalis* liefern Samen mit 11, bzw. 15 % dicken grünen stark trocknenden Öles (129).

g) Häufiger untersucht ist das Zedernußöl oder Zirbelnußöl aus den Samen (Zirbelnüssen) der *Pinus cembra* L., die in Rußland (Sibirien), den Ostalpen und den Karpathen beheimatet ist. Der Samen enthält etwa 15%, der Kern etwa 50% Öl. Nach L. v. Schmoelling (130) wurde Zedernußöl bisher nur in Sibirien in geringer Menge gewonnen. Das von ihm untersuchte Öl war goldgelb und von sehr angenehmem mildem Geschmack. Kennzahlen (131): $d_{15} = 0{,}930$—$0{,}932$, $n_{40} = 1{,}4710$, VZ 188 bis 193, JZ 156—159, Erstarrungspunkt der Fettsäuren —11°. Kryloff stellte Pal-

mitin-Linolsäure, sehr wenig Ölsäure und Linolensäure fest.

Das Öl ist stark trocknend. Es ist zu Speisezwecken geeignet.

h) *Pinus monophylla seu fremontiana* liefert gelbliche, samenähnliche Nüsse mit einem Ölgehalt von rund 12 % (Kern 16 %). J. Z. 108; $n^{D}_{20^{0}}$ 1,4716; hauptsächlich Ölsäureglyzerid.

Aus der Gruppe der Taxaceen sind zu nennen:

i) Kayaöl aus den Samen, bzw. dessen 51% Öl enthaltenden Kernen der *Torreya nucifera* S. u. Z., in Japan durch Pressen gewonnen, ist ein gelbes, schwach harzig und unangenehm schmeckendes Öl (Handelsöl). Ein von Tsujimoto untersuchtes, durch kaltes Pressen gewonnenes Öl war hellgelb, von mildem Geschmack. d_{15} = 0,923—0,924, n_{20} = 1,476—1,477, VZ 188, JZ 133—142.

Verwendung nur in Japan zu Speisezwecken, nebenbei zu Brennzwecken, zur Bereitung von Ölpapier und als insektenvertilgendes Mittel. Es kann auch zur Herstellung von Farben und Lacken dienen.

k) Jenkayaöl, Inukayaöl (132) aus den Samen von *Cephalotaxus drupacea* S. u. Z., in Japan gewonnen. Die lufttrocknen Kerne enthalten 67% Öl. Eine kalt gepreßte Probe war nach Tsujimoto (Chem. Rev. 1908, 168) hellgelb, von schwach harzigem Geruch. d_{15} = 0,925, n_{20} = 1,476, VZ 188, JZ 130. Wegen des Geruchs nicht zu Speiseöl, sonst wie Kayaöl verwendet.

28. Cornaceenöle. Das Samenöl des Hartriegels, *Cornus sanguinea* L., Europa, wird als hellgrün, dick, geruchlos und von nicht unangenehmem Geschmack geschildert (133), (d_{15} = 0,921—0,922, VZ 192, JZ etwa 100, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 29—31°, des Öles 12—15°). In Frankreich soll es als Brennöl und zur Seifenfabrikation genommen worden sein.

29. Cruciferenöle (Rüb- und Senföle siehe unter R und S).

a) Leindotteröl aus den Samen von *Camelina sativa* (L.) Fr. Verbreitet in ganz Europa, wird die Pflanze vornehmlich in Belgien und den Niederlanden und auch in Rußland kultiviert. Der Ölgehalt der Samen beträgt 25 bis 30 %, gelegentlich auch mehr bis zu etwa 35%. Auch *Camelina dentata* Pers. wird kultiviert.

Das Öl ist goldgelb bis braungelb, je nachdem es kalt oder warm gepreßt ist; es hat einen eigentümlichen, ein wenig scharfen Geruch und Geschmack, der sich aber beim Lagern allmählich verliert.

Kennzahlen: d_{15} = 0,924—0,927, n_{D20} = 1,476, VZ um 188, JZ um 135 (nach Shukoff um 150?), Erstarrungspunkt der Fettsäuren 13—14°.

Die Zusammensetzung ist nicht genau erforscht; es enthält Ölsäure und Palmitinsäure, nach der Jodzahl ist die Anwesenheit von Linolsäure äußerst wahrscheinlich, und auch die für Cruciferen so charakteristische Erucasäure ist höchstwahrscheinlich zugegen. Es gibt auch bisweilen die Schwefelprobe (s. Rüböl Nr. 95).

Es wird zuweilen als Speiseöl verwendet (kalt gepreßtes), meist jedoch als Seifenöl. Es eignet sich wegen der geringen Konsistenz der Kaliseifen für starke Winter-Schmierseifen. Ferner wird es nicht selten zur Verfälschung von Rüböl verwendet, während der Gehalt von indischem Leinöl an Leindotteröl sich wohl mehr auf eine Verunreinigung durch Leindottersaat zurückführen läßt, als auf absichtlichen Zusatz. Im ersten Fall erhöht es die Jodzahl, im letzteren erniedrigt es sie.

Die Preßkuchen sind nach Böhmer ein gutes Vieh-, namentlich Geflügelfutter. Die Ansicht, daß bei Kühen die Preßkuchen Abortus erregen und die Milch ungünstig beeinflussen, wird von Böhmer bestritten.

b) Gartenkressensamenöl wird aus den Samen der vornehmlich in Indien kultivierten *Lepidium sativum* L. gewonnen. Die ovalen, kein Nährgewebe enthaltenden Samen weisen nach Wijs einen Ölgehalt bis zu 25 % auf.

Es ist ziemlich dunkel, gepreßtes weniger als extrahiertes, das auch rötlich ist. Der Geruch erinnert namentlich bei letzterem an die Pflanze. Die Kennzahlen sind: d_{15} = etwa 0,920, VZ 178—186, JZ 102—140, meist wohl unter 120, n_{40} = 1,462, Schmelzpunkt der Fettsäuren 16—21°. In Indien wird es als Speiseöl verwendet.

c) Hederichöl wird aus den Samen von *Raphanus raphanistrum* L. (= *Ra-*

phanistrum lampsana Gaertn., *Raphanistrum silvestre)* erhalten, die etwa 25% Öl enthalten. Es wird wie Rüböl gewonnen und auch ebenso raffiniert. Raffiniert ist es gelb, von mildem Geschmack, aber mit etwas kratzendem Nachgeschmack. Es kommt selten für sich in den Handel, sondern meistens vermischt mit Rüböl. Auch die Preßkuchen werden mit Rübsenkuchen vermengt.

Die Kennzahlen wurden von Va-Negri und Fabris, von denen diese stimmt: d_{15} = 0,9175—0,9185 (Klimont 0,9236 b. 18° ?), n_{D20} = 1,472, VZ 166 bis 177, JZ 105—107, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 11—20°. In Frankreich kommt aus einer Abart des Hederich »Ravisonöl« in den Handel.

d) Rettichöl von *Raphanus sativus* L. wird besonders in China zur Ölgewinnung kultiviert. Die Samen enthalten etwa 45—50% Öl, das durch Pressen gewonnen wird. Das Öl des Gartenrettichs ist lichtbraun, das des Ölrettichs (*Raph. sativus* var. *oleifera*) ist grünlichgelb. Der Geschmack erinnert an Rüböl, der Geruch ist sehr schwach. Die Zusammensetzung gleicht der des Rüböles. Die Kennzahlen sind: d_{15} = 0,916—0,918, n_{D20} = 1,464, VZ 174—180, JZ 92—112, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 13—15°. In Deutschland wird Rettichöl nicht gewonnen. In China dient es als Speiseöl.

e) Noch einige Cruciferenöle, die aber keinerlei Bedeutung haben, wurden von Grimme (134) eingehender untersucht. Es sind die Samenöle von der Brunnenkresse (*Nasturtium officinale* R.), der Winterkresse (*Barbara praecox* R.), dem Meerkohl (*Crambe maritima* L.), dem Löffelkraut (*Cochlearia officinalis*), dem Saatdotter (*Camelina sativa* Crantz.) und dem Färberwaid (*Isatis tinctoria*). Von Matthes und Boltze (135) wurde das Goldlacksamenöl von *Cheirantus cheiri* untersucht, das zu einem erheblichen Teile (65 %) aus einem Glyzerid einer sonst nicht gefundenen kristallinischen Fettsäure, der Cheiranthussäure, besteht ($C_{18}H_{34}O_2$). Das Samenöl des Täschelkrautes (*Thlapsi arvense* L.) wurde nach Schaedler in Frankreich gepreßt und als Brennöl verwendet.

Nachtviolenöl (136) von *Hesperis matronalis* L. ist ein bitteres, grünes, allmählich braun werdendes Öl, das im Gegensatz zu den sonstigen Cruciferenölen trocknend ist. Trotzdem ist es nur als Brennöl verwendet worden. De Negri und Fabris, von denen diese Angaben stammen, stellten folgende Kennzahlen fest: d_{15} = 0,928—0,930, VZ 192, JZ 155, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 14—16°.

30. Cucurbitaceenöle.

a) Kürbissamenöl (137). Die Samen der bis zu 1 Zentner wiegenden Frucht von *Cucurbita pepo* L. sind etwa 10—24 mm lang, etwa 8—12 mm breit und etwa 4 mm dick. Ihr Fettgehalt beträgt in dem schalenfreien Samen um 50%, das Schalengewicht beträgt etwa 75 % des Samens. Der wahrscheinlich aus dem tropischen Südamerika stammende Kürbis ist heute überall verbreitet. Das Öl wird besonders in Österreich, Jugoslavien, Ungarn und Rußland gewonnen. Die Samen werden mit den Schalen zerkleinert, und nach Erwärmen auf 80—90°, gepreßt. Auch werden die Samen getrocknet, enthülst und nach Zerkleinern geröstet und gepreßt. Nach Graham findet man in Amerika mehr durch Extraktion gewonnenes Öl.

Äußeres: Kalt, aus geschälten Samen gepreßtes Kürbissamenöl ist grün, von schwach roter Fluoreszenz, das aus gerösteten Kernen oder warm gepreßtes Öl braungrün mit tiefroter Fluoreszenz. Mit Azeton extrahiertes Öl ist rötlich. Die Bleichung der Farbe ist sehr schwierig, und die ähnlich wie beim Kottonöl angewandte Raffination mit nicht unerheblichen Verlusten verknüpft.

Kennzahlen: d_{15} = etwa 0,920 bis 0.925, $n^{D}_{25°}$ 1,473, VZ etwa 186—195, meist über 188, JZ etwa 115—130, Erstarrungspunkt etwa —15°, der Fettsäuren 24—25°.

Die Zusammensetzung ist nicht näher erforscht, es sind rund 81% flüssige und 15% feste Fettsäuren gefunden worden. In den ersteren sind wahrscheinlich Linolsäuren zugegen, da das Öl bei längerem Stehen trocknet.

Verwendung: In Rußland und Ungarn wird heiß gepreßtes und raffiniertes Kürbissamenöl als Speiseöl, geringe Qualitäten werden auch als Brennöl verwandt. Die Preßkuchen sind ein beliebtes Futtermittel, amerikanische Kürbiskuchen

riefen bei Geflügel Vergiftungserscheinungen hervor, was europäische Kuchen nicht tun (Saponingehalt?). Nach A. Teleki kann Kürbisöl als Ersatz des besten Olivenöls dienen. Er gibt an, daß von einem Morgen Land 10 000 kg Kürbis gewonnen werden können mit 36 kg Öl und 64 kg Ölkuchen.

b) Wassermelonenöl (138) aus den Samen von *Cucurbita citrullus* (*Cucumis citrullus, Citrullus vulgaris*). Die aus Innerasien stammende Pflanze wird in allen Ländern mit warmem und gemäßigtem Klima kultiviert. Senegalesische Melonensamen (Béreff oder Béraf genannt) werden in Frankreich gepreßt. In Rußland wird es in ziemlich bedeutenden Mengen von Bauern zum eigenen Bedarf gewonnen. Die Samen sind nach Wijs etwa 10—15 mm lang, 5—7 mm breit, 2 bis 2,5 mm dick. Die Kerne (62 % des Samens) enthielten rund 66 % Öl.

Frischgepreßtes Öl ist etwas rosa gefärbt, wird jedoch bald intensiv gelb. Wijs erhielt durch Extraktion ein gelbes Öl von der Dichte (20°) = 0,916, VZ 190, JZ 118, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 32°.

Das Öl ist als Speiseöl geeignet, es hat einen angenehm süßen Geschmack.

c) Melonenöl (139) aus den Samen von *Cucumis melo*. Die Samen sind früher in nicht unbedeutender Menge aus Westafrika und auch aus China ausgeführt worden. Das als Speiseöl und Brennöl verwandte Öl hat die Dichte (15°) = 0,927, VZ 190—195, JZ 100—135, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 36°.

d) Coloquintensamenöl (140) aus den Samen von *Citrullus colocynthis* Schrad. Die Coloquinte, in den Wüstengebieten Nordafrikas, Südarabiens, Vorderasiens bis in das nordwestliche Indien heimisch, wird in vielen Gebieten des Mediterrangebietes kultiviert. Das Öl ist rötlichgelb, schwach grün fluoreszierend, von bitterem Geschmack. Es ist in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften den übrigen Cucurbitaceenölen ähnlich. Das Öl ist ohne jede Bedeutung, wird nicht technisch gewonnen.

e) *Citrullus naudinianus* (141) Hook., Südwestafrika. Die Samen enthalten etwa 15 % eines nicht trocknenden Öles.

f) Straußengurkenöl. Die Früchte von *Citrullus africana* enthalten nach Grimme in den 1 cm langen Samen etwa 12 % hellgelbes, schwach trocknendes Öl [$d_{15} = 0{,}916$, $n_{D15} = 1{,}475$. VZ 196, JZ 120, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 33° (142)].

g) *Feuillea cardifolia* L. und *Feuillea trilobata* L., Brasilien und Westindien, haben in ihren Samen (Mandiroba) etwa 32 % eines gelblichweißen Fettes butterartiger Konsistenz vom Schmelzpunkt 21°, Erstarrungspunkt 19°. Es soll bei den Eingeborenen als Brennöl und Anstrichmittel gegen Rostschutz dienen (143). Ein ähnliches Fett wird aus Samen von *Feuillea albiflora* Cogn. durch Auskochen gefunden (144).

h) Telfairiaöl (145) (Castanhasöl) von *Telfairia pedata* Hook. (*Joliffia africana* Del.), tropisches Ostafrika. Die Samen enthalten etwa 36%, in den geschälten etwa 60% Öl, das nach Filtration hellgelb war, angenehm roch, von etwas weichlichen Geschmack. Es schied auch bei warmer Temperatur Glyzeride ab. Thoms fand folgende Kennzahlen: $d_{15} = 0{,}918$, n_{D25} 1,468, VZ 175, JZ 86, Azetylzahl 192 bis 193, Erstarrungspunkt + 7°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 41°.

Das Öl besteht hauptsächlich aus den Glyzeriden der Palmitin- und Stearinsäure und einer ungesättigten Oxysäure, der Telfairiasäure, deren Formel ($C_{24}H_{40}O_3$) noch nicht sichergestellt ist. Das Öl würde nach Raffination als Speiseöl dienen können (beim Erwärmen riecht es unangenehm). Die Preßrückstände wären gleichfalls verwendbar. Die Einführung von Saat wäre aber nach einem Gutachten des Vereins deutscher Ölfabriken zu Mannheim abhängig von der Konstruktion von Maschinen zur Entschälung der Samen (die Samen sind sehr bitter).

i) Das Öl von *Telfairia occidentalis* Hook (146) ist trotz der nahen Verwandtschaft mit *T. pedata* von deren Öl ganz verschieden. Es ist zäh, braun, gut trocknend. $d_{50} = 0{,}9135$, $n_{D20} = 1{,}476$, SZ 61, VZ 262, JZ 43, Erstarrungspunkt —2,5°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 39,5°.

k) Schwammkürbisöl (147) aus dem Samen von *Luffa aegyptiaca* Mill., *Luffa acutangula* Roxb. Die in allen tropischen Ländern vorkommende Pflanze wird auch in Indien kultiviert. Die Samen

enthalten 20 % Öl (die Samenkerne etwa 40 %). Gepreßtes Öl ist gelblichweiß, bei Zimmertemperatur fest, extrahiertes Öl ist hellgrün. Nach A. Kesawa-Menon sind die Kennzahlen: $d_{15} = 0{,}900—0{,}925$, $n_{D40} = 1{,}465$, VZ 229, JZ etwa 40 (?), Schmelzpunkt der Fettsäuren: 44°. In Ostindien wird das Öl als Speiseöl verwendet. Die Samen finden Verwendung als Brechmittel.

l) Kadamöl von *Trichosanthus kadam* Miqu., Sumatra, Ostindien, liefert ein butterartiges gelbes, fast geruchloses Fett. Bisher nur im Heimatgebiet verwendet. *Trichosanthus amara* L., Westindien, soll in den Samen ein giftiges fettes Öl enthalten, das angeblich Starrkrampf erzeugt. Narraskürbisöl (148) von den Samen von *Acanthosicyos horrida* Welw., Südwestafrika. Dort kommen die Samen unter dem Namen »butterpits« in den Handel, die etwa 46 % eines hellgelben, nicht trocknenden Öles von äußerst mildem Geschmack liefern. Das Öl würde sich mehr als Speiseöl eignen.

m) *Sicydium monospermum* (149) Coqu., Brasilien, enthalten in den Samen 30 % dickflüssiges fettes Öl ($d_{22,5} = 0{,}927$) von unangenehm ranzigem Geschmack. Die Samen dienen in Brasilien als Drastikum. Ein ähnliches Öl liefern die Samen von *Cayaponia caboda* Mart., Brasilien (150).

n) Auch *Hura ripitans*, im tropischen Amerika und in Indien kultiviert, gibt ein klares, gelbes purgierendes Öl (151).

o) Von *Bryonia dioica* (Zaunrübe) beschreibt A. Diedrichs (152) das Samenöl als dickflüssig, rötlichgelb. Die Fettsäuren waren dickflüssig und trübe bei Zimmertemperatur. Die Giftigkeit des Samens konnte das Öl nur für technische Zwecke geeignet erscheinen lassen.

p) Kadamfett (153) von der auf Sumatra vorkommenden *Hodgsonia kadam* Miqu. Die Samen sind bis 10 cm lang und bis 100 g schwer. Die bitteren Kerne, die rund die Hälfte des Samengewichtes ausmachen, enthalten etwa 69 % gelbes butterartiges Fett vom Schmelzpunkt 21°. Es wird gewonnen, indem man die an der Sonne getrockneten zerschnittenen Früchte in Beuteln auspreßt. $d_{15} = 0{,}919$, VZ 198, JZ 66—69.

q) Die in Brasilien als Abführmittel benutzten Samen von *Cayaponia caboda* Mart. enthalten nach Peckolt (154) etwa 14 % fettes hellgelbes Öl von der Konsistenz des Rizinusöls.

r) Die Samen von *Momordica cochinchinensis* (Mut-pich-tzo), in Südchina weit verbreitet, enthalten etwa 40 % fettes Öl (VZ 180, JZ 117), das aus Glyzoiden der Stearin- und Linolsäure besteht, neben solchen der Palmitin-, Öl-, Linolen- und Rizinolsäure.

Curcasöl siehe Euphorbiaceen.

31. Dipterocarpaceenöle.

a) Malabartalg. Dieses Fett wird aus den Samen von *Vateria indica L.* (Ostindien) gewonnen, auch von *V. malabarica* Blume und *Elaeocarpus copaliferus* Retr. Die (50 % Fett im trockenen Zustand enthaltenden) Samen werden geröstet, gemahlen und ausgekocht (155).

Äußeres: Frisch ist das Fett gelblich bis grünlichgelb, es bleicht am Licht aus. Das talgartige Fett hat oft durch auskristallisierte Fettsäuren ein körniges, strahliges Gefüge. Es ist geschmacklos und von schwachem, angenehmem Geruch. Unter dem Mikroskop zeigen sich Klumpen, in denen sich Fettröpfchen befinden. In Olivenöl verteilt stellen sich die Klumpen als Haufen von Kristallnadeln dar, zwischen denen vereinzelte mit Kristallnadeln erfüllte Parenchymzellen liegen.

Kennzahlen (156): $d_{15} = 0{,}915$ bis 0,916, $d_{100/100°} = 0{,}890—0{,}897$, $n_{D40} = 1{,}457$, VZ 189—192, JZ 37—40, Erstarrungspunkt 30°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren etwa 52—57°.

Zusammensetzung: 60—75 % feste Fettsäuren, Rest Ölsäure und ein alkohollöslicher, flüchtiger, den Geruch bedingender Stoff. Die Fettsäuren sind zum Teil bis zu etwa 20 % im freien Zustande vorhanden.

Verwendung: Im Ursprungsland als Speisefett, in den Kulturländern als sehr geschätztes Kerzen- und Seifenfett. Die Preßkuchen enthalten nach Moser u. Meißel (157) noch etwa 17 % Fett und 12 % Rohprotein, sowie einen alkaloidartigen Bitterstoff. Sie sind nach Pott (158) ein gutes Mastfutter.

b) Borneotalg. Das unter diesem Namen, auch als Tangkawafett (in der Heimat Minjak-hangkawang) in den Handel kommende Fett wird aus

den Samen verschiedener Arten der Gattungen *Hopea* (*H. macrophylla de Vriese, H. balangwan d. Vr., H. aspera d. Vr., H. lanceolata de Vr.*), *Shorea* (*Sh. stenoptera* Burck., *Sh. aptera* Burck., *Sh. hypochra* Hanc., *Sh. pinanga* Scheff., *Sh. scaberrima* Burck., *Sh. Ghysbertiana* Burck.), *Isoptera* und der Arten *Diploknema sebifera* Pierre und *Pentacme siamensis* Krz. (159) (Sapotaceen) in Indochina, auf den Sundainseln, insbesondere Borneo gewonnen. *Shorea stenoptera* Burck., *Sh. aptera* Burck. und *Isoptera borneensis* Scheff. werden als die wichtigsten Borneotalg liefernden Pflanzen angegeben. Das Fett der letztgenannten Pflanze wird auch als »Teglamfett« bezeichnet, das von *Shorea Ghysbertiana* als »Enkahang«-fett. Mit Recht sagt Wehmer (Pflanzenstoffe 1911, 501), daß das Fett der etwa zwölf Dipterocarpaceen und auch Sapotaceen, das als »Borneotalg« bezeichnet wird, schwerlich immer die gleiche Zusammensetzung hat, wodurch auch die Differenzen bei den Analysen erklärlich werden.

Die Gewinnung wird verschieden beschrieben: Nach Lemarié (160) läßt man die von den Bäumen gefallenen einsamigen Früchte in feuchten Räumen liegen, bis die Schalen aufbrechen und die Samen zu keimen beginnen. Die dabei weich gewordenen Samen werden in Säcken ausgepreßt. Das Fett wird nochmals in Wasser umgeschmolzen und in ausgehöhlte Bambusstämme gegossen. Es kommt daher in zylindrischen Stücken in den Handel (s. unten). Nach neueren von O. Sachs (161) gemachten Beobachtungen werden die Früchte in Körben 30 bis 40 Tage lang in Wasser gehängt. Dann wird die Fruchtschale mit der Hand oder einem Stück Holz entfernt und das Kotyledonengewebe getrocknet, zerkleinert, erwärmt, in Preßtücher gegeben, und das Fett durch Schlagen, Stampfen oder primitive Preßvorrichtungen gewonnen. Nach Sachs wird heute das Fett ausschließlich in früher zum Petroleumtransport benutzte ausgedämpfte Weißblechkanister eingegossen und in dieser Form exportiert. In Singapore werden die zerkleinerten Samen in hydraulischen Pressen gepreßt. Die feinste Sorte der Tangkawangfette (Tangkawang Soenti), das an Ort und Stelle als Speisefett Verwendung findet, wird nach Sachs (a. o. O.) so gewonnen, daß die Früchte sofort nach dem Einsammeln über freiem Feuer getrocknet werden, anderswo (Sanggan) auch die Fruchtschalen abgeschlagen, das frische Samengewebe in Scheiben geschnitten und an der Sonne getrocknet wird. Alle Handelssorten sind nach Sachs Mischfette.

Äußeres: Borneotalg ist gelblich- bis grünlichweiß. An der Sonne bleicht er aus. Frisch hat er angenehmen Geruch, etwas bitteren Geschmack und kristallinische Struktur. Kleine weiße Flecken, die er oft zeigt, bestehen aus Stearinsäurekristallen. Mikroskopisch stellt sich das Fett als ein Haufwerk unregelmäßiger schollenförmiger Stücke dar. In Alkohol erweisen sich diese als lange radial angeordnete Kristallnadeln. Schmilzt man das Fett, so erstarrt es in kleinen nadelförmigen Einzelkristallen und schön ausgebildeten dendritischen Kristallaggregaten. Beim Lösen bleiben die unter dem Mikroskop sichtbaren gelben und braunen Einschlüsse als parenchymatische oder sklerenchymatische Gewebsteilchen zurück. Die ersteren enthalten kleine Stärkekörnchen.

Kennzahlen (162): VZ 190—195, JZ 14—31, n_{D40} etwa 1,456, Schmelzpunkt 22—27, nach Wijs 40—38°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 49—54, meist um 51°.

Zusammensetzung: Heim (163) fand im Fett von *Shorea aptera* und *Isoptera borneensis* etwa 17—18 % Ölsäure und 77—79 % feste Fettsäuren. Klimont (164) fand Tristearin, Tripalmitin, Distearinolein (Schmelzpunkt 44°) und Dipalmitinolein (Schmelzpunkt 33—34°). Das Fett enthält wechselnde, oft bedeutende Mengen an freien Fettsäuren (5 bis über 25 %).

Verwendung: In Borneo werden die besseren Sorten als Speisefett verwendet, die geringeren als Brennöl und Schiffsanstrich (? wohl als Dichtungsmittel). In Europa ist der Borneotalg als Kerzen- und Seifenfett sehr geschätzt. Nach Semler werden aus Borneo jährlich über 100 000 dz Borneotalg ausgeführt.

c) Doranaöl von *Dipterocarpus glandulosa* ist ein dunkel gefärbtes, harziges Öl, das als Heilmittel gegen Lepra und technisch als Ersatz für Gurjunbalsam verwendet werden soll (165).

32. **Ebenaceenöl** aus den Samen des Persimmonbaumes, *Diospyros virginiana* L. (Dattelpflaume), Heimat Nordamerika, ist nach N. J. Lane ein halbtrocknendes, bräunlichgelbes Öl, im Geschmack an Erdnußöl erinnernd. (d_{15} 0,924, VZ 188, JZ (Wijs) 117, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 24°.) Etwa 9 % feste Fettsäuren (166).

33. **Eichelöl** der in Kalifornien beheimateten *Quercus agrifolia* Nees = *Qu. oryadenia* Toor. untersuchte Blasdale (167). Das durch Extraktion gewonnene Öl war tiefbraun und fluoreszierend. (d_{15} 0,916, VZ 199, JZ 101.)

34. **Erdmandelöl.** Von Cyperaceenölen ist nur das Öl aus den Wurzelknollen von *Cyperus esculentus* L. (Südeuropa, Nordafrika) bekannt. Die Knollen (Erdmandeln) enthalten bis 20% eines goldgelben bis bräunlichen Öles von würzigem Geruch und angenehm nußartigem Geschmack. Das von C. Hell und S. Twer Domedoff (168) untersuchte Öl besteht hauptsächlich aus Öl- und Myristinsäureglyzerid; es hatte die Kennzahlen: d_{15}

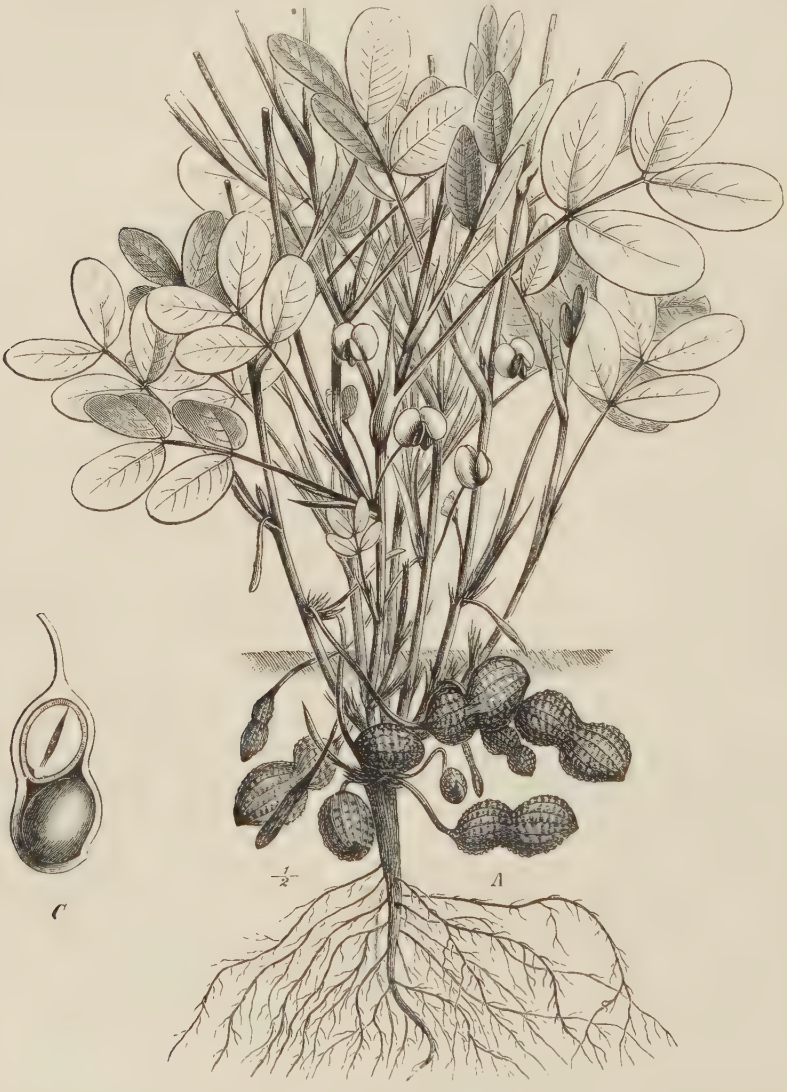


Abb. 3.
Arachis hypogaea in 1/2 nat. Größe. *A* ganze Pflanze, *C* Hülse, der Länge nach durchschnitten. (Nach Taubert.)

0,924, Erstarrungspunkt etwa + 3°, VZ etwa 225 (169), JZ 62 (170). In Ägypten und Italien dient das Öl als feines Speiseöl und zur Seifenfabrikation.

35. Erdnußöl (Arachisöl) wird aus den Samen von *Arachis hypogaea* L. (Leguminose) gepreßt. (Vgl. Abb. 3—6.) Hauptkulturgebiet tropisches Westafrika. Der Ölgehalt der ganzen Frucht ist etwa 30 bis 40 %, des Samens etwa 40—50, meist um 45 %. Nach Sadtler (171) enthalten die afrikanischen Nüsse das beste, die ostindischen das schlechteste Öl.

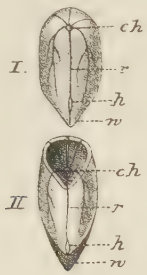


Abb. 4.
Arachis hypogaea. Schematische Darstellung der beiden Samenformen einer zweisamigen Frucht. *I* der auf der Seite der Fruchtbasis liegende (untere oder erste) Samen, auf der Chalazaseite *(ch)* gewölbt, am Würzelchen *(w)* abgeplattet. *II* der zweite Samen, auf der Chalazaseite abgeplattet. *ch* Chalaza, *r* Raphe, *h* Nabel, *w* Würzelchen. Natürliche Größe.

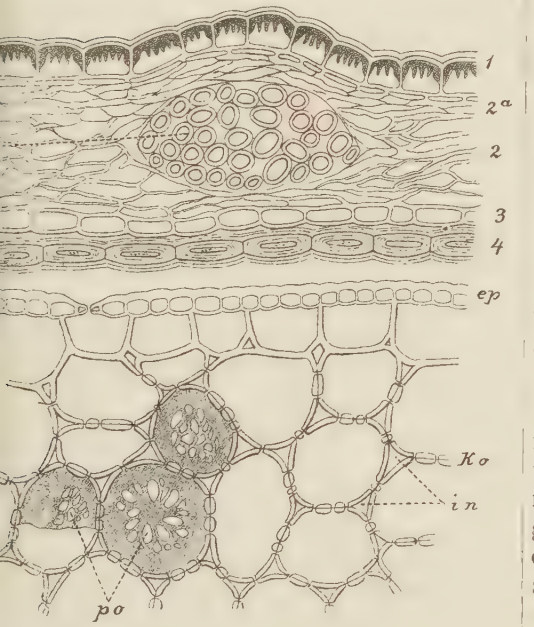


Abb. 5.
Arachis hypogaea. Partie eines Querschnitts durch die Samenachse und die äußeren Schichten des Keimblattes. In Javelle scher Lauge. *1* Epidermis der Außenseite, *2* Schwammparenchym, *2a* äußere Parenchymlage, *g* Gefäßbündel, *3* innere Epidermis der Samenschale, *4* verquellende hyaline Schicht (Nuzellarrest, Perisperm), *ep* Epidermis des Keimblatts, *ko* Keimblattzellen, *in* Interzellularräume, *Po* Poren in der Flächenansicht. Vergr. 350.

Gewinnung: Die unenthülsten Erdnüsse werden bei der modernen Ölgewinnung mit Sieben und Ventilatoren gereinigt und nach Größe sortiert. Dies ist notwendig, da die Enthülsung, die in Spezialmaschinen vorgenommen wird, bei ungleicher Samengröße schlecht gelingt. Die enthülsten Kerne kommen nach Anwärmen auf etwa 40° in Enthäutungsmaschinen, wo zwischen gezahnten Platten die Samenhaut abgerieben wird. Dabei werden auch die Samenlappen und die Keime entfernt, deren Verbleiben bei dem Preßgut das Öl bitter machen würde, während die Samenhaut eine dunkle Farbe hervorrufen würde.

Es werden gewöhnlich drei Pressungen vorgenommen, die ersten beiden kalt, wobei bei der ersten die Samen nicht oder

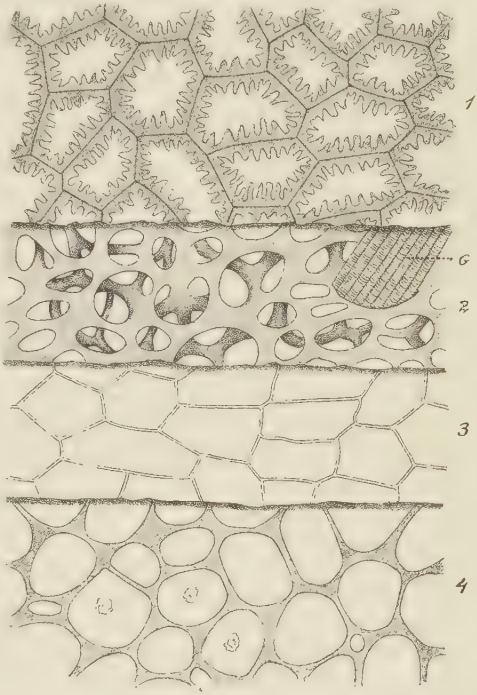


Abb. 6.
Arachis hypogaea. Die Schichten der Samenschale mit dem Nuzellarrest, in ihrer Aufeinanderfolge von der Fläche gesehen, nach Behandlung mit Salzsäure und Kalilauge. *1* Epidermis der Außenseite, *2* Schwammparenchym, *3* innere Epidermis, *h* hyaline Schicht (Nuzellarrest), *G* Spiroiden. Vergr. 400.

nur ganz grob zerkleinert werden, bei der zweiten etwas feiner. Die dritte Pressung wird dann warm ausgeführt.

Raffination. Zunächst werden die freien Fettsäuren durch Natronlauge neutralisiert und die entstandene Seife wird entfernt, dann werden mit überhitztem Wasserdampf Geruchs- und Geschmacksstoffe abgeblasen, und endlich wird durch Abkühlen und Filtrieren das bei der Kühlung ausgeschiedene Stearin entfernt, auch wird durch Filtration über Walkerde das Öl gebleicht.

Äußere Eigenschaften: Die Öle erster und zweiter Pressung sind sehr hell, das Öl erster Pressung bei Bleichung fast farblos. Sie haben angenehmen Geschmack und Geruch. Das Öl dritter Pressung ist dunkler und hat einen bohnenartigen Geruch und Geschmack.

Der Erstarrungspunkt ist etwa —5 bis — 10 °, er hängt von dem Grad der Entstearinierung ab.

Kennzahlen: Dichte bei 15° etwa 0,916—0,921, Brechungsindex bei 25° 1,467—1,471, Verseifungszahl 189—197, Jodzahl 85—100, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 22—32°.

Chemische Zusammensetzung: An ungesättigten Säuren sind Ölsäure und Linolsäure (172) vorhanden. Von festen Fettsäuren bildet die Arachinsäure den charakteristischsten Bestandteil (s. unten), und Lignozerinsäure (der Gehalt an beiden Fettsäuren ist zusammen etwa 5 %). Kreiling (173) fand viermal so viel Lignozerinsäure als Arachinsäure. Stearinsäure wurde von Hehner und Mitchell (174) gefunden (7%), Meyer und Beer (175) konnten sie dagegen nicht auffinden. Letztere stellten dafür die Anwesenheit von Palmitinsäure fest, die schon Caldwell (176) gefunden hatte, deren Anwesenheit aber Kreiling (a. a. O.) bestritten hatte. Die von Göß-mann und Scheven (177), wie von Schröder (178) behauptete Anwesenheit von Hypogäasäure wird von Schön (179) nicht bestätigt, auch nicht von Meyer und Beer (a. a. O.).

Die Gegenwart von Arachinsäure erlaubt verhältnismäßig leicht, die Gegenwart von Erdnußöl in fremden Ölen oder Ölgemischen festzustellen. Nach J. Fachini und G. Doria (180) verfährt man dabei folgendermaßen: 20 g Öl werden mit Lauge verseift und die Fettsäuren mit Mineralsäure abgeschieden. Diese werden dann in 150 ccm reinem Azeton gelöst und vorsichtig mit Wasser versetzt, bis eben eine Trübung eintritt. Dann wird soviel Azeton zugegeben, daß bei 40—45° die Lösung klar bleibt. Beim Abkühlen scheiden sich bei 28—29° Kriställchen von Arachinsäure ab. Nach einstündigem Kühlen auf 15° filtriert man und wäscht mit 10 ccm verd. Azeton (68 Vol.-%) nach. Die so erhaltenen »festen «Fettsäuren werden nun nach Tortelli und Ruggeri (181) in 100 ccm Alkohol (90%) und einem Tropfen verd. Salzsäure ($^1/_4$ normal) unter Erwärmen auf nicht über 60° gelöst und bei 15° filtriert. Es kristallisiert das Gemisch von Arachin- und Lignozerinsäure aus. Nach Tortelli und Ruggeri (a. a. O.) werden noch für die Löslichkeit in Alkohol Korrekturen angebracht: für 0,5 bis 0,1 auskristallisierte Säure + 0,033 g. Für 0,17—0,47 + 0,050, für 0,5—2,7 g + 0,070 g. Aus der korrigierten Menge an Arachin- + Lignozerinsäure kann durch Multiplikation mit 20 der angenäherte Gehalt an Erdnußöl berechnet werden. Durch Bestimmung der Säurezahl kann ev. von Stearinsäure unterschieden werden, die den gleichen Schmelzpunkt (etwa 70°) wie das Gemisch aufweist (Stearinsäure SZ 197, Gemisch SZ etwa 165).

Spezieller Nachweis von Erdnußöl in Olivenöl ist nach Adler rasch durch die Kristallisationstemperatur der Fettsäuren zu erbringen (182).

Eine positiv ausfallende Reaktion des Erdnußöles auf Sesamöl deutet nicht ohne weiteres auf Verfälschung, da diese Öle oft in denselben Apparaturen gepreßt werden, auch wird nach Soltsien (183) oft absichtlich zur Erhöhung der Kältebeständigkeit etwas Sesamöl zugefügt.

Verwendung: Erdnußöl wird zu Speisezwecken, als Brennöl und zur Seifenfabrikation verwendet. Das Öl aus frischen afrikanischen Nüssen kommt den besten Sesamölen gleich, wird aber viel leichter ranzig als dieses. Wo angängig, wird auch in der Pharmazie das billigere Erdnußöl da verwendet, wo früher Olivenöl ausschließlich benutzt wurde.

36. Ericaceenöle.

a) Von *Arbutus unedo* L., Südeuropa. Nach G. Sani (184) könnte die Alkohol-

bereitung aus den Früchten noch lohnender gemacht werden durch Gewinnung des Öles aus den Rückständen. Das von ihm extrahierte Öl war goldgelb, von süßem Geschmack und, im frischen Zustande, von charakteristischem Geruch. Bei etwa —20° war es butterartig. Es enthielt etwa 53 % Linolsäure, 24 % Isolinolensäure, ferner Öl- und Palmitinsäure (d_{15} 0,921, n_{D25} = 1,473, VZ 208, JZ 148). Es ist also ein trocknendes Öl.

b) Das Öl des Heidelbeersamens von *Vaccinium myrtillus* ist nach A. Diedrichs (185) grünlichgelb, stark trocknend (n_{D40} = 1,473, VZ 190, JZ 167). Der Fettgehalt der Samen ist 31 %.

c) Das Öl des Preißelbeersamens von *Vaccinium vitis ideae* hat nach Diedrichs (185) die gleichen Eigenschaften (aber noch höhere Brechung: n_{D40} 1,480).

37. Euphorbiaceenöle [s. a. Holzöl (Nr. 44) und Rizinusöl (Nr. 91), Chinesischer Talg (Nr. 23) und Lichtnußöl (Nr. 54)].

a) Krotonöl. Von den zahlreichen in den Tropen wachsenden Crotonarten werden nur wenige zur Ölgewinnung benutzt. Als wichtigste ist zu nennen das Öl von *Croton tiglium* L. *(Tiglium officinale)*. Die braun- bis graugelben, oft gefleckten Samen sind 10—15 mm lang und 7—10 mm breit. Nach Entfernung der etwa 30 % des Samens ausmachenden Schale enthalten sie 50—60 % Fett. Nach Semler (186) wird der Samen an Ort und Stelle gemahlen und in Säcken zwischen heißen Eisenplatten gepreßt. Die Preßrückstände werden mit Alkohol angefeuchtet und bei 50—60° nochmals gepreßt.

Das Öl ist hellgelb bis braungelb, auch orangegelb (s. a. unten »Handelssorten«). In 2 Teilen absolutem Alkohol ist bei 75° 1 Teil Krotonöl löslich. Aus der Lösung scheiden sich 80 % bei Zimmertemperatur wieder aus. Sonst hängt die Löslichkeit stark vom Gehalt an freien Fettsäuren, der Herstellungsweise usw. ab.

Zusammensetzung (187). Es sollen vorhanden sein Stearinsäure, Palmitinsäure, Myristinsäure, Laurinsäure, Ölsäure, von »niederen« Fettsäuren Valeriansäure, Buttersäure, Essigsäure, Ameisensäure und als charakteristischer Bestandteil: Tiglinsäure (= Methylkrotonsäure, CH_3-CH = C(CH_3)-COOH).

Die starke abführende Wirkung, die auf eine von Schlippe (a. a. O.) als Krotonölsäure bezeichnete besondere Fettsäure zurückgeführt wurde, ist nach Dunstan und Boole (188) durch eine harzige, stark blasenziehende Masse verursacht, deren Natur noch nicht näher bekannt ist. Außerdem ist eine flüchtige reizübende Substanz zugegen (189). Das Öl ruft auf der Haut schmerzende Entzündung hervor.

Kennzahlen (zum Teil recht verschieden angegeben): d_{15} etwa 0,937—0,943 (190), bei älteren Ölen auch höher (191). SZ meist um 15, VZ meist 210—215, JZ etwa 100—110, Azetylzahl etwa 20—40, n_{49} 1,680, Erstarrungspunkt etwa zwischen —7 und —16°, der Fettsäuren + 16 bis + 19° (192).

Die optische Aktivität ist ziemlich groß. Drehung im 200-mm-Rohr nach Rakusin (193) + 14,5 bis + 16,5°.

Über die Reinheitsprüfung sei auf Ubbelohde (187) verwiesen.

Handelssorten: Man unterscheidet das gelbliche »ostindische« vom stärker wirkenden braungelben »englischen« Krotonöl. Die Samen enthalten eine wirksame Lipase (fettspaltendes Enzym). Das Öl wird meistens über Madras und Bombay in den Handel gebracht, doch wird auch in Europa (England, Deutschland) gepreßt.

Verwendung ausschließlich als drastisches Purgiermittel; Maximaldosis für Einzelgabe 0,05 g, pro die 0,1 g.

Von anderen ölliefernden Crotonarten seien genannt (194) *Croton oblongifolius* Roxb., Bengalen (dort »Barageçh« genannt), *Cr. pavana* Hamilt., Assam und Birma (»Yeet-yen-nee«). Die Samen (Molukkenkörner) werden bisweilen mit denen von *Cr. tiglium* vermengt, ferner *Cr. polyandrus* Roxb. (= *Baliospermum montanum* Müll., *Jatropha montana* Wild.), Hindostan, Bengalen.

b) Curcasöl (Purgiernußöl, Höllenöl) aus den Samen von *Jatropha curcas* L. (= *Curcas purgans* Adans). Heimat: tropisches Südamerika, in fast allen tropischen Ländern kultiviert, vornehmlich in Brasilien und auf den Kapverdischen Inseln (195). Die ellipsoidischen, braunen bis schwärzlichen Samen (von etwa 1,8 cm Länge,

11 mm Breite und 9 mm Dicke) enthalten etwa 35—45 % Öl (196). Die Samen sind sehr giftig infolge des in ihnen vorhandenen Toxalbumins (197). Nach Peckolt [Ber. Pharm. Ges. (1906) 176] ist der Genuß von 4—5 g frischen Samen tödlich.

Das durch Pressen gewonnene Öl ist gelblich, auch etwas rötlichgelb, von schwachem, aber recht charakteristischem Geruch (verschieden stark nach Alter und Art der Gewinnung).

Die Kennzahlen werden zum Teil recht verschieden angegeben (198). Erstarrungspunkt: bei + 9° Ausscheidungen, bei 0° fest [Horn (199)], nach Lewkowitsch (200) —8°, d_{15} = 0,915—0,924, meist um 0,920, n_{D25} = 1,468—1,469, SZ bis zu etwa 10, VZ 197—210, meist um 200, JZ 100—110 (Horn: 127), Erstarrungsp. der Fettsäuren etwa 26—28°.

Nach Klein (a. a. O.) sind rund 10% Palmitin- und Stearinsäureglyzerid (zusammen) vorhanden, der Rest besteht außer aus kleinen Mengen Myristinsäureglyzerid aus nahezu gleichen Mengen Olein- und Linolensäureglyzerid.

Verwendung: Schmieröl, Brennöl, zur Kerzen- und Seifenfabrikation, in England auch als Schmelzöl in der Wollspinnerei. Als starkes Purgiermittel auch bisweilen zu medizinischen Zwecken (10 Tropfen sollen einem Löffel Rizinusöl entsprechen). Nach Klein (a. a. O.) ist in Portugal die Jahresproduktion um 20 000 t, wovon drei Viertel auf die Kapverdischen Inseln entfallen.

Jatrophaöle (201), außer Curcasöl, werden noch von *Jatropha glandulifera* Roxb. (= *J. glauca Vahl*) und *J. multifida* Linn. gewonnen. Ersteres wird in Indien als Mittel gegen Rheumatismus und Lähmung verwendet. Kesava-Menon (202) erhielt durch Extraktion aus den haselnußgroßen Samen etwa 21% strohgelbes Öl vom Erstarrungsp. —5°, d_{15} = 0,963, n_{25} = 1,476. SZ 16. VZ 195. JZ etwa 125, Schmelzpunkt der Fettsäuren 35°.

Letzteres (tropisches Südamerika) wird als Pinhoeöl oder Brechöl bezeichnet, es ist dem Curcasöl sehr ähnlich.

c) Manihotöl, *Manihot Glaziovii* (Heimat Brasilien), hat flach eiförmige Samen (14—15 mm lang, 10—11 mm breit, 6—7 mm dick) mit 1—2 mm dicker brauner, gesprenkelter, glänzender Schale, die einen Kern umschließt, der etwa 35% Öl enthält. Die Samen liegen in der dreikapseligen, fast kugeligen Frucht (Manicobanuß). Das Öl ist olivgrün, der Geruch erinnert an Oliven, der Geschmack ist bitterlich, etwas kratzend. Dichte (15°) = 0,926, Brechungsindex 40° = 1,466—1,468, VZ 189—193, JZ 137, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 20,5°. Das Öl würde in erster Linie für die Seifenindustrie in Frage kommen, nach Diedrichs (203) auch für die Firnisfabrikation (?).

Das Öl von *Manihot utilissima* (204) in seinen verschiedenen Varianten ist wenig untersucht (205). Die Pflanzen dienen zur Stärkegewinnung (Tapioka, Cassavamehl). Der Gehalt der reifen Samen an Öl ist 20—25%. Das Öl ist gelblich, geruchlos, von mildem Geschmack (d_{15} = etwa 0,912).

Die Pflanze wird nur der Gewinnung des vorzüglichen Kautschuks wegen (Ceara-Kautschuk) angebaut. Die Samen dienen nur zur Saat.

d) Essangöl (Engessangöl), aus den Samen des *Ricinodendron africanus* Müll. (= *R. Heudelotii* Pierre, *Jatropha Heudel.* Baill.). Heimat Westafrika (besonders auf Fernando Po). Gehalt der nußartigen Samen an Öl etwa 50% (der Frucht 17%). Das durch Pressen gewonnene Öl ist flüssig, durch Extrahieren gewonnenes salbenartig. Von den Eingeborenen wird es als Speisefett benutzt. Nach Heckel (206) soll es zu Firnissen und Lacken verwendbar sein, weniger zur Seifendarstellung, da die Seife unansehnlich ist.

Eine als »Nsa-Sana« bezeichnete Art aus Südnigeria soll gleichfalls von *Ricinodendron african.* stammen (?). (Dichte 0,932, VZ 192, JZ 148). Es soll als Ersatz für Tungöl in der Lackindustrie und zur Herstellung weicher Seifen brauchbar sein (207).

Das Öl von *Mabea fistulifera,* Brasilien, beschreibt Peckolt (208) als dickflüssig, orangerot, geruchlos, von scharfem, ekelerregenden Geschmack. Das Öl ist auch in kaltem absoluten Alkohol löslich.

e) Kautschuksamenöl [Kautschukbaumöl (209)] stammt aus den Samen von *Hevea brasiliensis* Müll. und *H. guianensis* Aubl. Die Pflanzen liefern

den besten Kautschuk (Parakautschuk, siehe dort näheres). Das Öl wird entweder aus den frischen Samenkernen gewonnen oder aus Samenmehl. Das aus frischen Kernen gewonnene Öl ist hellgelb, von leinölartigem Geruch, das aus Mehl gewonnene dunkler und süßlichsauer riechend. Es erstarrt bei 19° kristallinisch, schmilzt aber erst bei 28°. Das Öl ist trocknend und soll an Stelle von Leinöl verwendbar sein. Verwendung findet das Öl nicht, da die Samen nur zu Saatzwecken benutzt werden.

f) Purgierkernöl aus den 35—45% Öl enthaltenden Samenlappen von *Euphorbium Lathyris* L. Ein mild, später kratzend schmeckendes Öl vom Schmelzpunkt —14° und der Dichte (14°) 0,926. Es ist nicht trocknend und soll als Seifen- und Brennöl benutzt werden. Das Öl hat, wie die Samen (Purgierkerne), abführende Eigenschaften (210).

g) Iy-Chee-Öl von *Euphorbia dracunculoides* L. (= *Euph. lanceolata* Roxb.), Heimat Bengalen. Die Samen enthalten ein gelbliches, trocknendes Öl, das als Brenn- und Anstrichöl verwendet werden soll.

h) Das Öl aus den Samen der *Joannesia princeps* Vellos. ist gelblich, von mildem Fettgeschmack (d = 0,918, VZ etwa 190, JZ 98. Es trocknet angeblich wie Mohnöl (211).

i) Von *Dipterocarpus Jourdainii,* China, dort Cay-Yao-Jai genannt, wird Öl gewonnen, indem man den Stamm anbohrt, und mehrere Tage lang durch Feuer erwärmt. Das Öl ist nach E. Milliau stark trocknend, stärker als Leinöl. Es steht nicht fest, ob es mit dem gewöhnlichen Holzöl identisch ist. Die Mitteilungen erscheinen zunächst etwas fraglich, da nach der Gewinnungsart kaum ein solch harzfreies Öl zustande kommen kann, wie angegeben wird (212).

k) Das Öl der Mankettinüsse (Mankuettinüsse), aus den etwa 14 g schweren Steinbeeren (4 cm lang und 2,8 cm breit) der *Ricinodendron Rautanenii* Schinz. wurde von Cl. Grimme (213), im Pharm. Institut Berlin (214) und von H. Sprinkmeyer und Diedrichs (215) untersucht. Der Baum ist heimisch in der südafrikanischen Steppe, namentlich im Okawagogebiet. Der etwa 60 % Öl enthaltende Kern, der nach Grimme (a. a. O.) nur etwa 8 % der Frucht ausmacht, sitzt im sehr harten holzigen und widerstandsfähigen Endosperm der Frucht, deren Epikarp 0,3 mm stark ist, an der Außenseite ungleichmäßig braun.

Die Kennzahlen wurden von den verschiedenen Untersuchern ungefähr gleich gefunden: Dichte (15°) etwa 0,939, Brechungsindex bei 15° = 1,4805, bei 40° etwa 1,480 (hier eine Abweichung), SZ 0,6—0,95, VZ 193—195, JZ 128—130 (Hübl), 134—135 (Wijs), Erstarrungspunkt —8° bis —10°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 35—36°.

Die bisherigen Untersuchungen haben weder beim Öl, noch bei den Preßkuchen Giftigkeit ergeben, doch reichen die Versuche noch nicht aus. Technisch soll nach Grimme das Öl außer in der Seifenfabrikation noch in der Lackindustrie seiner trocknenden Eigenschaften und der Widerstandsfähigkeit der Filme gegen Wasser wegen Anwendung finden können, falls es in größeren Mengen auf den Markt käme. (Die Nüsse kommen auf den Hamburger Markt.)

Das Öl des Paragummibaumes (*Siphonia elastica* Pers.) beschreiben H. P. Trevethik und M. F. Lauro als leicht getrübt, rötlichbraun ($d_{15,5}$ = 0,925, n_{D25} = 1,473, SZ 34, VZ 192, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 28,8°). Das Öl trocknet in 54 Stunden, aber nicht so fest wie Leinöl (216).

P. Gillot (216a) untersuchte die Samenöle von 20 Arten von Euphorbiaceen und Mercurialis. Sie waren alle einander sehr ähnlich. Die Kennzahlen lagen in folgenden Grenzen: d_{15} = 0,934 bis 0,937; n_{D15} = 1,484—1,486; JZ (Wijs) = 190—216. Alle Öle waren gut trocknend.

38. Flaccourtiaceenöle.

a) Gynocardiaöl (Chaulmugraöl). Es finden sich die verschiedensten Ansichten über die Herkunft des Gynocardiaöles, wahrscheinlich dadurch verursacht, daß das Öl verschiedener Flaccourtiaceen als Gynocardiaöl bezeichnet wird und schon die Samen der verschiedenen Arten nicht streng voneinander getrennt werden. Als Stammpflanzen werden vor allem *Gynocardia odorata, G. Preissii, Hydnocarpus*

Kurzii, Taractogenus Kurzii (King.) von Power und Gornall (217) angegeben. Auch nach Lemarié (218) sind Hydnocarpusarten die Lieferanten des Gynocardiaöles, während Moeller (219) angibt, daß das Öl von *Hydnocarpus anthelmintica* Pierre, *H. Wigthiana* B. C. und *H. venenata* Gaertn. ein dem Gynocardiaöl ähnliches Öl liefern. Die in Indien, hauptsächlich Ostindien bis zum malaiischen Archipel, verbreiteten Pflanzen enthalten Samen, deren Kernen durch Pressen etwa 30%, durch Ätherextraktion etwa 50 % Fett entzogen werden kann.

Das frische Fett ist weiß, geruch- und geschmacklos, altes oder aus alten Samen gewonnenes Fett ist hellbraun und erinnert im Geruch, nach Lemarié (a. a. O.), an Vogelleim. Nach ihm schmilzt das Fett bei 17°, extrahiertes Fett schon bei 14°. Schindelmeiser (220) gibt als Schmelzpunkt 26°, Power und Gornall 22—23° an.

Die Kennzahlen des Öles sind d_{25} = 0,952, VZ etwa 200—215, JZ etwa 90—105, $[\alpha]_D^{20}$ = +51—52° nach Power und Gornall (a. a. O.), +10,5° nach Schindelmeiser.

Die Gynocardiafette enthalten eine Reihe von zyklischen Fettsäuren, die nur bei Flaccourtiaceen bisher gefunden wurden und vorläufig als für diese höchst charakteristisch gelten können. Die Säuren haben die Formel $C_nH_{2n-4}O_2$. Isoliert wurden bisher zwei gut kristallisierende Säuren dieser Zusammensetzung mit der C-Zahl 18 (Chaulmugrasäure) und C_{16} (Hydnocarpussäure). Die erste hat den Schmelzpunkt 68°, die zweite 60°. Die optische Aktivität beträgt $[\alpha]_D$ = +55°, bzw. +68°. Die früher gefundene Gynocardiasäure scheint ein Gemisch verschiedener Säuren der genannten Reihe zu sein. Ferner wurde Palmitinsäure gefunden. Die sonstigen Befunde erscheinen dadurch besonders zweifelhaft, daß das Gynocardiaöl oft verfälscht wird [Hirschsohn (221)]. In *Gynocardia odorata* haben Power und Lees (222) ein Glukosid »Gynocardin« gefunden:

$$C_{13}H_{19}O_9N.$$

Es kristallisiert in farblosen prismatischen Nadeln mit 1,5 Molekülen Kristallwasser. Ein Enzym, das diesen Körper spaltet (Gynocardase), wurde gleichfalls gefunden. Die Menge von Blausäure, die die Samen bei Zerlegung des Glukosids entwickeln, beträgt 0,44 %.

Verwendung: Das Öl findet in den Tropen seit langem Anwendung als Mittel gegen Lepra, Elephantiasis und Syphilis. Auch in die europäische Heilkunde hat sich das Öl eingeführt. Es wird hier gewöhnlich in Form der Gynocardiasäure angewendet (also des undefinierten Säuregemisches, das auch Chaulmugrasäure genannt wird, aber nicht das chemische Individuum von Power und Lees (a. a. O.) darstellt). Auch als Seife wird das Öl, bzw. die Säure verwendet. Eine Farbenreaktion zum Nachweis des Gynocardiaöls fand Lifschütz (223): Ein Tropfen des Öles wird in 0,5 ccm Chloroform gelöst, 1,5 ccm Eisessig zugegeben und 4—5 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure. Es tritt eine grasgrüne Färbung auf, die im durchfallenden Licht rotviolett erscheint.

In dem Fett von *Hydnocarp. Wigthiana* wurde Palmitinsäure nicht gefunden, während in *H. anthelmintica* Palmitinsäure gefunden wurde. In beiden scheinen außerdem noch normale ungesättigte Säuren (Ölsäure, Linolsäure?) zugegen zu sein.

b) Das Marottyöl, Marattifett (224), von *Hydnocarpus venenata*, Cardamomöl, ist besonders bekannt geworden durch die Krankheitsfälle, die seine Verwendung zur Margarinebereitung hervorgerufen hatte (1910). Es wurde durch Tierversuche von Zuntz festgestellt, daß der Genuß der Säure des Öles (und des Öles) Gastritis erzeugt. Die Haupterscheinungen sind nach Schwarz (225) Magenschleimhautreizung, Erbrechen und klonische Krämpfe.

Die Verwendung der Hydnocarpusfette ist die gleiche wie die des Gynocardiafettes.

c) Maximilianeafett von *M. regia* Mart. et Zucc., Brasilien, dient nach Peckolt (226) als Brennöl. Nach dem gleichen Autor (227) dient das Öl von *Carprotoche brasiliensis* End., Brasilien, das in der Heimat als Ersatz des Chaulmugraöles benutzt wird, dem gleichen Zweck (siehe »f«).

d) Das Fett von *Bixa orellana* L., einer der *Taractogenus Kurzii* ziemlich nahe verwandten Pflanze, hat J. S. Aigar

untersucht: Dickflüssig, grünlichbraun (VZ 228, JZ 125, SZ 17, $d_{25} = 0{,}928$, $n_{D18} = 1{,}4745$). Die festen Fettsäuren sind hauptsächlich Palmitin- und Stearinsäure, Ölsäure wurde nachgewiesen. Ein Glukosid ist vorhanden, wurde aber nicht näher untersucht (228).

e) Das Öl von *Hydnocarpus alcalae* hat H. C. Brill untersucht. Die trockenen Samen enthielten etwa 65% Fett vom Schmelzpunkt 32° ($d_{30} = 0{,}950$, $[\alpha]_D = +49{,}6°$ in Chloroform, JZ (Hanus) 93, VZ 189). Mehr als 90 % der Fettsäuren waren der Chaulmugrasäure wesensgleich, der Rest waren Palmitin- und eine Spur Ölsäure. Das Öl von *Pangium edule* enthält mehr Ölsäure und weniger Palmitinsäure, ferner Hydnocarpus- und Chaulmugrasäure (229).

f) *Capotroche brasiliensis* liefert ein in Brasilien an Stelle von Chaulmugraöl verwendetes Öl. Es ist bei + 15 % schmalzartig, bei + 19° dick und bei 21° dünnflüssig. Es ist gelb, riecht anfangs apfelartig, später buttersäureähnlich [$d_{15} = 0{,}960$, VZ 235—238, JZ 75 (230)].

39. Fulwabutter (Choreabutter, Gheebutter, Kanitébutter; s. a. Sheabutter). Stammpflanze: *Illipe (Bassia) butyracea* Engl., Sapotacee, beheimatet in den Himalajagegenden.

Gewinnung durch Auskochen der Samen, die kleiner als Mowrahsamen sind (231), haselnußgroß (17 mm lang), und deren Fettgehalt nach Lewkowitsch 50—52% (232), nach Jean (233) etwa 35 % beträgt. Außer dem Auskochen, das vornehmlich an Ort und Stelle vorgenommen wird, wird die Fulwabutter in üblicher Weise durch Pressen gewonnen. Gewinnung und Raffination ist ähnlich wie bei Kokosbutter.

Äußere Beschaffenheit: Die Farbe ist grünlichgelb, raffiniert weiß bis schwach gelblich, der Geschmack und Geruch milde. Ranzidität tritt selbst im heißen Klima Indiens nur sehr langsam auf. Die Konsistenz ist schmalzartig, anscheinend sehr verschieden nach Art der Gewinnung und Raffination. (Es wird übrigens die Fulwabutter nicht immer streng von anderen Sapotaceenfetten getrennt, auch daher rühren Unstimmigkeiten.) Der Schmelzpunkt wird von Jean (233) zu 30° angegeben, von Crossley und LeSueur zu 39°, von A. Diedrichs zu 43° (Erstarrungspunkt 27°).

Kennzahlen: Die Angaben weichen stark voneinander ab. Verseifungszahl nach Crossley und Le Sueur 191, nach Diedrichs etwa 170—180, nach Jean etwa 175, Jodzahl nach Cr. u. Le S. 42, nach D. etwa 47—50, nach J. etwa 20.

Die Säurezahl des rohen Fettes wird von Diedrichs zu 28 angegeben, die des raffinierten zu etwa 0,5. Brechungsindex (40°) nach Cr. u. Le S. etwa 1,458, nach D. etwa 1,464—1,466.

Chemische Zusammensetzung: Nach Jean (233) soll das Fett rund 69% feste und 22% flüssige Fettsäuren enthalten. Da Diedrichs zwischen 7% und 16% Hexabromide erhielt, muß unter den flüssigen Säuren sich auch Linolensäure oder eine ihr isomere Säure befinden, und zwar mindestens 3—5% des Fettes. Dies ist bei festen Fetten sehr selten der Fall! Die Menge des Unverseifbaren beträgt nach Diedrichs bei rohem gepreßten Fett 5,3%, bei raffiniertem 2,4%, bei extrahiertem 2,2%.

Verwendung: Die Hauptverwendung ist die als Speisefett in den Produktionsländern. Nach Jean sollen auch große Mengen in England importiert werden, um dort zum Verschneiden von Butter und anderen Speisefetten zu dienen.

40. Gramineenöle, s. a. Maisöl und Reisöl.

a) Haferöl von *Avena sativa* L. findet sich nach Dubovitz (234) hauptsächlich in den Keimen; seine Menge beträgt etwa 5—7 % des Korngewichts. Um das Korn nicht als Pferdefutter ungeeignet zu machen, dürfen die Körner nur grob vorgeschrotet und dann mit Benzin extrahiert werden. Durch den Preis für das Öl soll nach Dubovitz der für den Hafer und die Gesamtspesen gedeckt werden können, so daß das entölte Korn dann unentgeltlich zur Verfügung steht.

Neuere Angaben siehe auch Ernest Paul (235).

b) Hirseöl (236). Über dieses Öl ist nur wenig bekannt. Die untersuchten Öle stammten von *Panicum miliaceum* L. und *P. italicum*. Nach Kaßner und v. An-

drejew ist es ein hellgelbes Öl von schwachem Geruch und scharfem, eigenartigem Geschmack. Es enthält einen kristallisierenden Äther (Panicol $C_{12}H_{17}O \cdot CH_3$). Das Öl ist in absolutem Alkohol löslich. Fabris und Setting fanden $d_{15} = 0{,}9275$, $n_{D25} = 1{,}472$, VZ 184, JZ 130, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 19—20°.

c) Gerstensamenöl von *Hordeum vulgare* wurde von E. Meyer (237) und M. Wallerstein untersucht. Letzterer untersuchte auch das Fett vermalzter Gerste [$n_{D30} = 1{,}4745$, VZ 280??, nach Wallerstein (238) um 180, JZ 90??, nach W. 114], Palmitin, Stearinsäure, Öl-, Linol- und Linolensäure wurden festgestellt (Chem. Rev. 1903, 254).

d) Weizen- und Roggenöl unterscheiden sich nach Marotta und Kaminka (330) nur in der Farbe, weniger in den Kennzahlen. Sie erstarren erst bei etwa —14°, nicht, wie vielfach angegeben, bei 0°.

Weizenöl wird sowohl das aus Weizenmehl durch Extraktion erhaltene Öl genannt, wie auch das aus Keimen gewonnene. Die Keime werden beim Mahlen auf Walzenstühlen von der zu Futterzwecken dienenden Kleie getrennt. Durch Extraktion mit Benzin gewonnenes Öl hatte $d_{15} = 0{,}924$—$0{,}937$; $n_{40} = 1{,}475$; VZ 183—190; JZ = 115; Erstp. d. Fettsäuren + 30°. Weizenöl aus Mehl hatte $d_{100/15} = 0{,}907$; $n_{25} = 1{,}485$, VZ 166, JA 101.

Roggenkleienöl: $d_{15} = 0{,}933$, $n_{25} = 1{,}476$. VZ 196; JZ 82.

Erstarrungspunkt der Fettsäuren 34° (331).

e) Das Samenöl der Durra oder Mohrenhirse *(Sorghum cernuus)* wurde von Andrejew untersucht. Es ist eine etwas festere Masse als Vaseline, von eigenartigem Geruch. Die Fettsäuren sollen angeblich zu 96% aus Erucasäure bestehen. Ferner sollen Ameisensäure, Valeriansäure u. a. m. vorhanden sein ($d_{15} = 0{,}928$, Schmelzpunkt 39—40°, VZ 172, JZ 99, Schmelzpunkt der Fettsäuren 43—44°, Oxysäuren 7—10%). Die Angaben sind sehr unstimmig.

f) Das Fett von *Sorghum vulgare* (Besenhirse) wird von Weiser und Zaitschek erwähnt (239).

g) *Digitaria longiflora* Pers. (*Paspalum longiflorum* Ritz.), in tropischen und subtropischen Ländern, im Sudan als Nahrungspflanze benutzt, enthält nach Dybowski etwa 5% Öl, das dem Hirseöl ähnlich sein soll (240).

41. Guttiferenöle.

a) Dombaöl (Ujampluncfett, Tacahamacfett) wird aus den Samen von *Calophyllum inophyllum* L. gewonnen. Die Pflanze kommt in den ostafrikanischen Küstengebieten und im tropischen Asien vor. Die Früchte (241) sind hellgelbbraun bis schwarzgrau, rund, Durchmesser etwa 2,5—4 cm. Die lose innerhalb der harten Schale liegenden Samen (etwa 50—60 % der Frucht) sind gelblichweiß, fleischig und haben rettichförmige Gestalt, größter Durchmesser 1,5—3,5 cm.

Die Samen lassen sich mit Wasser zu einer Emulsion verreiben, wobei sich das in ihnen befindliche grüne Harz an den Wänden des Mörsers festsetzt. Beim Auspressen ergeben nach Fendler die frischen Samen nur wenig klares Öl, dann folgt eine dicke, kaum flüssige Emulsion. Die zerkleinerten Samen müssen daher vor dem Pressen gehörig gekocht werden.

Äußeres: Das von Fendler extrahierte Öl war hellgrün, roch schwach nach *Foenum graecum* und hatte bitteren, kratzenden Geschmack. Es erstarrte bei + 3° und war bei 18° wieder klar. Nach Semler (242) ist das Handelsöl butterartig, grünlich und von unangenehmem Geruch und erst bei etwa 30° flüssig. Nach Heckel und Schlagdenhaufen (243) ist kaltgepreßtes Öl schön grün und von angenehmem balsamischem Geruch, das Handelsöl dagegen meist schmutzig, von schwächerem Geruch. Van Itallie (244) beschreibt das Öl dem Geruch nach ähnlich wie Fendler, ebenso Hartwich (245). Wahrscheinlich ist die Verschiedenheit, wenigstens zum Teil, auf verschiedene Gewinnungsweisen zurückzuführen.

Kennzahlen: Wie das Aussehen sind auch die Kennzahlen sehr verschieden angegeben. Fendler (a. a. O.), dessen Öl sicher echt war, fand $d_{15} = 0{,}9428$, Brechungsindex (40°) = 1,4725, VZ 191 bis 196, JZ etwa 93, bei von Harz befreitem Öl 86, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 33° (246).

Zusammensetzung: Das Dombaöl besteht im wesentlichen aus Glyzeriden

der Palmitin-, Stearin- und Ölsäure. Der Gehalt an Olein wird von van Italie (a. a. O.) und Semler (a. a. O.) zu 54 bzw. 58% angegeben. (Die Jodzahl erscheint viel zu hoch für diesen Prozentsatz an Olein. van Italie hatte 62 gefunden. Nach Fendlers Zahlen müssen mehrfach ungesättigte Fettsäuren zugegen sein.) Durch Behandeln mit Sodalösung wird neben den freien Fettsäuren ein schön grünes Harz extrahiert (mit den Fettsäuren zusammen etwa 15 %), das sich in alkoholischer Lösung mit Eisenchlorid tief dunkelgrünblau färbt.

Verwendung: Als Speiseöl ist das Öl nicht zu verwenden wegen seiner giftigen Eigenschaften [die wahrscheinlich auf das Harz zurückzuführen sind (247)], dagegen wird es nach van Itallie bei der einheimischen Bevölkerung als Arzneimittel und als Brennöl benutzt. Nach Semler hat man auch in Europa versucht, das Öl als Rheumatismusmittel unter dem Namen Ndiloöl einzuführen. Ähnliche Fette liefern *Calophyllum calaba* Jacq., Brasilien, Westindien (248) und *Cal. brasiliense* Camb., Brasilien (249).

b) Allanblackiafett (Mkanifett) wird aus den Samen von *Allanblackia Stuhlmanni* Engl. (= *Stearodendron* Engl.) gewonnen (250). Dieser »ostafrikanische Talgbaum« ist im tropischen Ostafrika heimisch. Die 15 cm dicken, 20—30 cm langen Früchten enthalten 20 bis 24 Samen, die braun sind, unregelmäßig tetraedrische Gestalt haben von etwa 3 cm Dicke. Der helle weiche Kern beträgt etwa 80% des Samens, er enthält nahezu 68% Fett. Der Fettgehalt der ungeschälten Samen ist rund 55 %. Das Fett kommt nach Henriques und Künne (251) in 700—800 g schweren Stücken, in Bastgewebe gehüllt, in den Handel.

Äußeres: Farbe: gelblichweiß, Konsistenz: sehr hartes Fett, schwach aromatischer Geruch und milder Geschmack. Der Schmelzpunkt wird zu 40—42°, nach Krause und Dieselhorst (252) zu 43—46° angegeben, der Erstarrungspunkt zu 36—38°. Nach Schmelzen und schnellem Erkalten wird das Fett bröcklig durch Bildung feiner Kristallwarzen.

Kennzahlen (253): Dichte (40°) 0,8926, bei 98°/15° = 0,856, VZ 187—192, JZ 37—42, n_{D50} = 1,450, Erstarrungspunkt der Fettsäuren: 57—62°.

Zusammensetzung: Nach Heise sind an Fettsäuren nur Stearinsäure (etwa 52%), Ölsäure (43%) und etwa 0,5 % Laurinsäure vorhanden. Nach ihm und Henriques und Künne sind die Säuren hauptsächlich als Oleodistearin zugegen.

Verwendung: Das Fett wird bei den Eingeborenen als Speisefett verwendet. Es würde sich als Kerzen- und Seifenfett ausgezeichnet eignen. Über einen Export ist nichts bekannt.

c) Das Bonandjafett von *All. floribunda* Oliv. ist der Mkanibutter ähnlich, hat einen noch höheren Stearinsäuregehalt (etwa 60 %). Erstarrungspunkt der Fettsäuren ist etwa 61°.

d) Von *All. Sacleuxii* Hua (trop. Afrika) stammt die Kanyé- oder Kagnébutter (nicht zu verwechseln mit Kanyabutter, s. unten). Der Geschmack soll an Schweinefett erinnern. Das Fett kommt in Afrika in kleinen Körben (20:15 cm) in den Handel und dient dort als Speisefett und zu Beleuchtungszwecken (254).

e) Kokumbutter, Goabutter (255) wird aus den Samen von *Garcinia indica* Choisy gewonnen. Der Baum wird in seiner Heimat Indien kultiviert, teilweise in großem Umfange. Die nierenförmigen etwa 15—20 mm langen und 8 bis 10 mm breiten Samen enthalten etwa 30 % Fett. Die Samen werden an der Sonne getrocknet und, nach Zerkleinerung, mit Wasser ausgekocht und nach dem Abschöpfen filtriert. Die Ausbeute bei diesem primitiven Verfahren beträgt nur 10 %.

Kennzahlen (256): $d_{40°}$ = 0,895, n_{D25} = 1,463, n_{D40} = 1,456, VZ 187—191, JZ 33—34.

Zusammensetzung: Nach Heise (256) besteht das Fett neben kleinen Mengen flüchtiger Fettsäuren nur aus Stearinsäure- und Ölsäureglyzerid, zum größten Teil als Oleodistearin.

Verwendung: Das Fett wird nur in Indien verwendet (seit 1830) und zunächst zur Verfälschung von Butter benutzt. 1868 wurde es in den englisch-indischen Arzneischatz aufgenommen. Auch zur Seifenfabrikation wird es verwendet.

Die Kokumbutter ist spröde, gelblichweiß bis graugelb, schwach riechend und mild schmeckend; bei längerer Aufbewahrung wird sie dunkler und ranzig. Der Schmelzpunkt ist etwa 40—42°, nach Schmelzen und Erstarren ist er zunächst etwa 32—36°, steigt dann aber wieder auf den ursprünglichen an.

f) Andere Garciniafette: Ein der Kokumbutter sehr ähnliches Fett liefert nach D. Hooper *Garcinia morella* Desr. (*G. pictoria* Roxb.), Ostindien (257), das den Namen Gurgifett, auch Murgafett trägt. *Garcinia pictoria* Roxb. (Vorder- und Hinterindien) liefert die in Indien als Speisefett und Brennöl benutzte Gambogebutter (258). Auch *G. echinocarpa* Thuvait liefert ein ähnliches Fett, »Madalöl«, das auf Ceylon als Brennöl und Wurmmittel verwendet wird. Die Pflanze kommt nur auf Ceylon vor (259).

Im Gegensatz zu diesen Garciniafetten sind die Öle der folgenden Arten flüssig: Cay-dos-Öl von *Garcinia tonkinensis* Vesque, das in Tonkin als Brennöl benutzt wird (260). Öl von *G. balansae* Pierre (d_{15} = 0,913, Erstarrungspunkt 3°, SZ 20, VZ 176, JZ 86, n_{D40} = 1,468) (261).

g) *Mesua ferrea* L., Ostindien, die ein geschätztes festes Holz (Eisenholz) und Samen mit etwa 53 % eines nicht trocknenden fetten Öles liefert; die Eingeborenen sollen die Früchte als Kerzen benutzen (262).

h) *Symphonia fasciculata* Baill. (Hazina der Eingeborenen) liefert den Eingeborenen Madagaskars Samen, die sie nach dem Trocknen an der Sonne unter Zusatz von wenig Wasser zerquetschen und acht Tage lang gären lassen. Dann wird erhitzt und in Binsensäcken gepreßt. Das Fett dient als Speisefett und zum Einfetten der Haare (263).

i) *Symphonia globulifera* L. (Oanany), Brasilien, enthält in seinen Früchten ein Harz und ein nicht trocknendes Fett (264). Das durch Petrolätherextraktion von J. E. Southcombe (265) gewonnene Fett war dunkelrot.

k) Kanyabutter (Lamybutter, Sierra-Leone-Butter) wird durch Auskochen der zerkleinerten Samen vom »afrikanischen Butterbaum« *Pentadesma butyraceum* Don. (Westafrika) gewonnen. Sie stellt ein hellgelbes Fett vom Schmelzpunkt 36—37° dar, das bei den Eingeborenen ein beliebtes Speisefett ist (266).

l) Das Öl von *Calophyllum calaba* Jacq., Brasilien, Westindien, ist dickflüssig, grün, es dient in der Heimat als Brennöl und zur Seifenherstellung (267).

m) Pacoryöl aus *Platonia insignis* Mart. beschreibt Th. Peckolt (268), ebenso das von *Protium heptaphyllum var. brasiliense*, dieses als farblos von mildem Geschmack.

Gynocardiaöl siehe Flaccourtiaceen.

42. **Hanföl** (269) wird sowohl durch Pressen, wie auch durch Extraktion aus der Frucht des Hanfs *Cannabis sativa* L. (Urticacee) gewonnen. Die Pressung geschieht sowohl auf kaltem Wege, wie auch warm. Die Art der Pressung gleicht der des Leinöls. In Rußland wird vielfach noch nach recht primitiven Verfahren gearbeitet, indem die Saat nach Zerkleinerung geröstet wird.

Äußere Eigenschaften: Das Hanföl ist durch seine grünliche Färbung charakterisiert. Bei kalt gepreßten Ölen ist diese grünlichgelb, bei warm gepreßten, je nach der Temperatur, hellgrün bis olivgrün. Das letztere soll aber weniger leicht ranzig werden, offenbar durch Abtötung von Bakterien und Sporen durch die Erwärmung. Auch das mit Äther extrahierte Hanföl ist grün, nur das mit Tetrachlorkohlenstoff, Trichloräthylen und Benzin extrahierte Öl weist eine mehr bräunliche Farbe auf.

Der Erstarrungspunkt des Öles liegt bei etwa —20°, bei —27° ist das Öl fest. Es ist in zwei Teilen Äther und in der etwa 30fachen Menge Alkohol löslich.

Chemische Zusammensetzung: Das Hanföl besteht nach Untersuchungen von Bauer, Hazura und Grüßner hauptsächlich aus Glyzeriden der Linolsäure (etwa 70 %), der Ölsäure (etwa 15 %), Linolen- und Isolinolensäure. Die festen Glyzeride, die nur in geringer Menge vorhanden sind, sollen Palmitin und Stearin sein, allerdings bestreitet Lewkowitsch die Anwesenheit des letzteren Bestandteils. Die Menge der freien Fettsäuren schwankt je nach der Gewinnungsart etwa zwischen 1 und 5 %, jedoch werden auch Öle von einem Säuregehalt bis zu 0,2 % herab angetroffen.

Kennzahlen: Spez. Gew. (15°) 0,925—0,931, VZ 190—195, JZ 157—166 (auch unter 157—195 [?]), Erstarrungspunkt der Fettsäuren 14—14,6°.

Die hohe Jodzahl kennzeichnet das Hanföl als zu den trocknenden Ölen gehörend. Von Leinöl unterscheidet es sich, außer durch Geruch und Farbe, vor allem durch die geringe Menge der Linolensäuren, so daß eine Verfälschung des Leinöls mit Hanföl leicht durch die Verringerung der Hexabromidzahl (s. Leinöl) zu erkennen ist, nicht aber, falls das Hanföl nicht überwiegt, durch die Jodzahl. Eine Reihe von Farbenreaktionen kennzeichnet das Hanföl, ohne daß man allerdings entscheidenden Wert auf sie legen darf, jedenfalls nicht allein auf diese einen Nachweis gründen kann. Als noch am charakteristischsten sei die Grünfärbung des Öles beim Schütteln mit konz. Salzsäure genannt, die besonders schön bei jüngeren Ölen auftritt. Ein Gemisch von gleichen Teilen konz. Schwefelsäure, rauchender Salpetersäure und Wasser erteilt dem Hanföl zunächst eine grüne, dann eine schwarze Färbung.

Verwendung: Außer in Rußland, wo das Hanföl als Speiseöl dient (Fastenöl), wird das Hanföl fast ausschließlich zur Herstellung von Schmierseifen benutzt, die eine grüne Farbe aufweisen. Der Seife haftet noch der Hanfgeruch an.

Die Preßrückstände haben verhältnismäßig geringen Nährwert, da die Schalen der Früchte bei der Pressung nicht entfernt zu werden pflegen und die Kuchen daher einen doppelt so hohen Gehalt an »Rohfaser« haben als die Leinöl- oder Rübölkuchen. Allerdings schwankt dieser sehr stark, etwa zwischen 15 bis nahezu 30 %. Die Verfütterungsmöglichkeit ist beschränkt, da bei einer Gabe von mehr als 1 kg auf 500 kg Lebendgewicht und Tag Übelstände eintreten (Pferde vertragen etwas mehr [1,5 kg]). Die eintretenden Erscheinungen, Erschlaffung, Durst, schließlich Kräfteverfall, sind vielleicht auf ein in den Samen vorhandenes Alkaloid, das nach Jahns Cholin sein soll, zurückzuführen. In Frankreich und Belgien dienen die Kuchen meistens als Dünger.

43. Haselnußöl. Das Öl der Haselnüsse von *Corylus avellana* L. (Betulacee) ist vielfach untersucht. Es ist ein klares, gelbes Öl von haselnußartigem Geschmack und Geruch, das leicht ranzig wird. Das spez. Gew. bei 15° liegt zwischen 0,914 und 0,924, im allgemeinen um 0,917, die Brechungszahl ist 1,466—1,467, VZ 187 bis 197, JZ 80—90. Erstarrungspunkt der Fettsäuren 15—20°.

Nach Hanus (270) besteht das Öl zu $^9/_{10}$ aus Olein und zu $^1/_{10}$ aus Palmitin neben kleinen Mengen Stearin. Dieser Befund steht im Einklang mit dem Befund von Schöttler (271), während Schaedlers (272) Befund von etwas Arachinsäure nicht bestätigt wird. Auch Pritzker und Jungkunz fanden keine Arachinsäure (273). Bei der Liebermann-Storchschen Reaktion (Lösen einiger Tropfen in Essigsäureanhydrid und Zugabe eines Tropfens Schwefelsäure [d = 1,53]) ergibt das Haselnußöl eine schöne smaragdgrüne Färbung.

Verwendet wird das Öl zu Parfümeriezwecken und in der Seifenfabrikation, auch zu Speisezwecken und als Ersatz oder zur Verfälschung von dem ihm ähnlichen Mandelöl. Die Verwendung ist unbedeutend. Früher fand das Öl als Wurmmittel Verwendung.

Holunderbeeröl s. Caprifoliaceenöle.

44. Holzöl (Tungöl, Woodöl) wird aus den Samen der Euphorbiacee *Aleurites Fordii* Hemsl., gewonnen, auch von der seltener vorkommenden *Al. montana* Wild. Die Ansicht, daß *Aleurites cordata* R. Br. die Lieferantin des chinesischen Holzöles sei, ist irrig. Vielmehr liefert dieser Baum das japanische Holzöl, das auch von *Paulownia imperialis* stammen soll (?). *Al. Fordii* ist in China als Tung-yu-shu bezeichnet, der Name »tung-yu« wird ursprünglich für das Öl von *A. Fordii,* der Name »mu-yu« (= Holzöl) nur für das Öl von *Al. montana* gebraucht. In Japan heißt die *Al. cordata* »abura-giri« oder »oil-giri« (giri = chinesisch tung, bedeutet Bäume mit großen harten Blättern).

Ein auf einer französischen Besitzung in China vorkommender Baum soll mit *Al. cordata* identisch sein (275).

Gewinnung: Die harten Samenschalen der walnußartigen Samen werden zerschlagen, die Samenkerne ausgelesen und dann über freiem Feuer in flachen

Schalen geröstet. Die dann zerkleinerten gerösteten Samenkerne werden entweder kalt oder unter Erwärmen in primitiven hölzernen Keilpressen gepreßt. Das kalt gepreßte Öl soll nach Zucker (276) rascher trocknen, als heiß gepreßtes (?). Das zunächst durch Eiweiß- und Schleimstoffe getrübte Öl läßt man dann zur Klärung absitzen. Von dem 50 % und mehr betragenden Ölgehalt der Kerne werden nur 35—40 % oder wenig mehr durch Pressen gewonnen.

Äußere Eigenschaften: Je nach Art des Pressens, besonders der Temperatur und der Sorgfalt beim Rösten ist das Öl hellgelb bis dunkelbraun. Im allgemeinen stellt das Holzöl ein klares oder nur wenig getrübtes Öl dar, das bei etwa 0—5° erhebliche Ausscheidungen aufweist, unter Umständen auch ganz erstarrt. Ist es einmal erstarrt, dann wird es erst nach längerem Stehen bei Zimmertemperatur wieder klar.

Das Holzöl zeichnet sich durch seinen starken, charakteristischen Geruch aus, den man oft — nicht ganz ohne Berechtigung — als schweinefettartig bezeichnet findet. Den Geruch zu entfernen ist bisher nicht gelungen. Ulzer (277) hat ihn mit Wasserdampf für kurze Zeit beseitigen können, doch trat der Geruch bald wieder auf.

Kennzahlen: $d_{20/4} = 0{,}937—0{,}944$, meist über 0,940 (japanisches 0,935 bis 0,940), $n_{D20} = 1{,}508—1{,}521$ (japan. 1,503—1,508), SZ meist unter 5, VZ 188 bis 195, JZ 155—175, meist über 160 (japanisches meist unter 160).

Sehr charakteristisch für das Holzöl ist die außerordentlich hohe Refraktion, sowie das Verhalten beim Erhitzen (siehe unten).

Chemische Zusammensetzung: Das Holzöl enthält ein Stellungsisomeres der Linolensäure, die sogenannte α-Eläostearinsäure. Die Zahl der Kohlenstoffatome und die normale Kette der Säure wurde endgültig durch Ubbelohde und v. Schapringer erwiesen (278) durch Reduktion mittels Palladiumchlorür und Wasserstoff zu Stearinsäure. Die Eläostearinsäure wurde bis in die letzte Zeit für ein Isomeres der Linolsäure gehalten. Boeseken und Ravensvaay (279a) wiesen aber theoretisch und Kaufmann (279b) durch direkte Bromierung unter besonderen Bedingungen nach, daß eine dreifach gesättigte Säure, also ein Isomeres der Linolensäure vorliegt.

Außer dieser Säure enthält das Holzöl noch Ölsäure, die verschiedene Forscher in verschiedener Menge angeben. Die Menge dürfte etwa zwischen 8 und 15 % liegen (280).

Veränderungen des Holzöls bei Belichtung und beim Erhitzen: Wenn man Holzöl dem Licht aussetzt, so scheiden sich nach einiger Zeit kristallinische Massen ab, die schließlich das Öl ganz zum Erstarren bringen. Diese schon von Cloez (281) beobachtete Erscheinung beruht auf der Umwandlung des Glyzerids der α-Eläostearinsäure in das der stereoisomeren β-Eläostearinsäure (282).

Beim Erhitzen auf höhere Temperaturen verdickt sich das Holzöl sehr rasch, um schließlich in Form einer Gallerte zu erstarren. Dieser Vorgang wurde zuerst von Kronstein (283) als eine Polymerisation angesprochen, das feste Produkt sollte ein festes Polymeres darstellen. Wolff (284) wies zuerst nach, daß das feste Produkt nicht einheitlicher Natur sei, vielmehr ein Gel des durch Auflösung des beim Erhitzen entstehenden im unveränderten Holzöl zunächst kolloid löslichen Umwandlungsproduktes. Durch das weitere Erhitzen nimmt der Dispersionsgrad des Umwandlungsproduktes ab und seine Menge zu, bis beides den zur Erstarrung nötigen Grad hat. Das Gel enthält 50—80 % unverändertes Holzöl. Zahlreiche Arbeiten anderer Autoren bestätigten diese Theorie, so daß die kolloidchemische Auffassung der Holzölgelatinierung heute als allgemein anerkannt bezeichnet werden kann. Es sei jedoch angeführt, daß F. Fritz in jüngster Zeit eine Hypothese aufgestellt hat, wonach das Festwerden auf einer Umesterung beruhen könne. Da er keinerlei experimentelle Beweise dafür erbracht hat und die Umesterung an sich keineswegs die typische Kolloidreaktion des Gelatinierens erklären könnte, schwebt diese Hypothese völlig in der Luft.

Das bisher stets als Polymerisationsprodukt angesehene Umwandlungsprodukt ist nun auch noch als solches in Frage ge-

stellt durch neue Untersuchungen von Wolff und Cohen (285). Die Tatsache einer Polymerisation hat man dadurch bestätigt zu haben geglaubt, daß beim Erhitzen die Jodzahl abnimmt, also Doppelbindungen verschwinden, die ja eben durch eine Polymerisation sich zum Verketten mehrerer Moleküle aufrichten müßten. Ferner hatte man Molekulargewichtsbestimmungen des verdickten Öles gemacht, die den doppelten bis vierfachen Wert des ursprünglichen ergeben hatten.

Da die Jodzahl auf etwa 60—70 % des ursprünglichen Wertes sinkt, müßten immerhin erhebliche Mengen eines hochmolekularen Polymerisationsproduktes entstehen. Wolff und Cohen zeigten nun, daß bei Anwendung der Rastschen Molekulargewichtsbestimmungsmethode keineswegs höhere Molekulargewichte der verdickten Produkte erhalten werden, so daß eine Polymerisation, wenn überhaupt, doch nur in ganz geringem Grade und nicht der Jodzahlabnahme entsprechend eingetreten sein kann. Trotzdem könnte, eben aus kolloidchemischen Ursachen, auch die allergeringste Menge Polymerisationsprodukt, die sich chemisch nicht mehr nachweisen läßt, die Verdickung verursachen.

Die Zeit, innerhalb deren sich das Holzöl bis zum Gelatinieren verdickt, hängt von der Temperatur ab. Bei 300° beträgt sie nur etwa 10—15 Minuten, bei 200° zwischen etwa 3—5 Stunden. Beim Übergang von dem Sol- in den Gelzustand wird Wärme frei, weshalb beim Gelatinieren größerer Mengen (wegen der erschwerten Wärmeabgabe) die Temperatur unter Umständen erheblich steigen kann und Verkohlen oder gar Entzündung eintritt.

Das Festwerden des Holzöles wird auch durch Einwirkung von Halogenen, besonders von Jodlösung erwirkt, eine Reaktion, auf die sich auch eine Reinheitsprüfung von Holzöl gründet (s. unten).

Über den Trockenprozeß des Holzöles siehe Allgemeines über Fette und Öle A, V.

Von Handelssorten werden Hankow- und Hongkong-Holzöl unterschieden. Das erstere ist gewöhnlich etwas höher im Preise und hat eine helle Fabe. Genau zu definierende Unterschiede bestehen nicht. Besonders sind auch die Kennzahlen nicht untereinander verschieden.

Verwendung: Das Holzöl wird im Ursprungslande schon lange als Firnis zum Wasserdichtmachen von Schiffen, Stoffen und Papier verwendet. In Europa ist es erst seit wenigen Jahrzehnten, in größerem Maßstabe erst seit etwa 15 Jahren in Gebrauch und hat an Bedeutung immer mehr zugenommen, seitdem man gelernt hat, die durch die leicht beim Erhitzen eintretende Gelatinierung verursachten Schwierigkeiten zu überwinden. In Verbindung mit verestertem Kolophonium gibt das Holzöl bei sachgemäßer Präparierung vorzüglich widerstandsfähige und gegen Soda beständige Lacke. 1921 wurden aus Hongkong rund 420 000 piculs exportiert, 1922: 370000 piculs; 1919 waren fast 690000 piculs ausgeführt worden.

Von *Aleurites montana* und *Al. Fordii* wird festgestellt, daß sie in Indien und Burma sehr selten vorkommen. Das Öl authentischer Samen wurde untersucht und als ein Gemisch der Glyzeride der β-Eläostearinsäure, Öl- und Linolensäure erkannt. Das Öl von *Al. montana* bzw. *Al. Fordii* hatte folgende Kennzahlen: $d_{15/15}$ 0,947 bzw. 0,949, n_{D15} 1,494 bzw. 1,492, SZ 4,3 bzw. 0, VZ 203 bzw. 204, JZ 141 bzw. 158, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 54° (286).

Hippocastanaceenöle siehe Roßkastanienöl.

45. **Humiriaceenöl** von *Saccoglottis gabonensis* untersuchte A. Hébert (287). Er fand bei dem 54 % des Samens ausmachenden Fett: Schmelzpunkt etwa $-2°$, $d_{15} = 0{,}900$, VZ 188, JZ 68.

46. **Irvingiafette.**

a) Cay-Cay-Butter (Irvingiabutter, Cochinchinawachs) von *Irvingia Oliveri* Pierre und *Irvingia malayana* Oliv. Heimat: tropisches Asien, *I. malayana* hauptsächlich auf Malakka, *I. Oliveri* in Cochinchina.

Nach E. Millian bestehen die pflaumengroßen Steinfrüchte aus etwa 14 % Kernen mit etwa 58 % Öl und zu 86 % aus Schalen.

Die geschälten Samenkerne werden zerstampft und in ein fein geflochtenes Bambussieb gebracht. Dies wird in einen Kessel, der zu zwei Dritteln mit Wasser

gefüllt ist, gelegt, doch so, daß das Sieb nicht das Wasser berührt, dann wird das Wasser zum Sieden erhitzt und endlich die breiig gewordene Masse in einem Flechtwerk aus Stroh gepreßt. Das Verfahren wird noch zweimal wiederholt. Auch durch Auskochen wird das Fett gewonnen (288).

Die Cay-Cay-Butter stellt eine graugelbe an der Luft bleichende Masse dar vom Schmelzpunkt etwa 38° und Erstarrungspunkt etwa 36° (289).

Die Fettsäuren bestehen aus etwa 55 % Myristinsäure, 39 % Laurinsäure, 5 % Ölsäure, Caprylsäure und anderen niedrigmolekularen Fettsäuren.

Verwendung: Nur im Produktionslande, meist zur Kerzenfabrikation, die jedoch durch die eingeführten modernen Brennstoffe abnimmt.

b) *Odyendea gabunensis* Engl. (= *Quassia gabonensis* Pierre). Tropisches Afrika. Durch Auspressen der Samen erhält man ein bei gewöhnlicher Temperatur festes Fett von gelber Farbe, »Odyendyébutter«. Das Fett hat bitteren Geschmack, der sich durch Waschen mit Wasser entfernen läßt (290).

c) *Simaba cedron* Planch., Nordbrasilien, enthält in den Samen 12 % fettes Öl, das in der Heimat medizinische Verwendung findet (291).

47. Kakaobutter. Die Kakaobutter wird aus den gerösteten und entschälten Samen der Sterculiacee *Theobroma cacao* L. hergestellt. Man preßt oft in zwei Stufen, da sich bei einmaligem starkem Pressen technische Schwierigkeiten ergeben können. Man preßt um 35% des Preßgutes etwa 65 % des vorhandenen Fettes aus, wobei der Fettgehalt des Rückstandes etwa 30—35 % ist.

Äußere Eigenschaften: Die Kakaobutter ist elfenbeingelblich, von starkem Kakaogeruch und -geschmack. Holländische Sekundabutter ist auch bräunlich gefärbt, oft ranzig. Reines gutes Fett wird sehr schwer ranzig. Wahrscheinlich schützen die aromatischen Bestandteile das Fett vor dem Verderben.

Kennzahlen: Dichte (15°) 0,995, Schmelzpunkt 34—35° (extrahierte 30 bis 33°), Erstarrungspunkt 20—23°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 45—47°, Brechungsindex (n_{D60}) 1,422, Verseifungszahl 192—194 (extrahiertes Fett bis 204), Jodzahl 34—38 (extrahiertes Fett bis 48).

Chemische Zusammensetzung: Gemischte Glyzeride der Stearin-, Palmitin-, Olein- und Arachinsäure. Benedikt und Hazura weisen Linolsäure nach. Nach Lewkowitsch, Hehner und Mitchell beträgt die Menge der Stearinsäure rund 40%. Klimont isolierte Palmito-Stearo-Olein, Fritzweiler Oleodistearin. Öle aus Schalen oder Kakaopräparaten enthalten oft noch andere Säuren und Bestandteile.

Prüfung auf Reinheit kann außer durch die Kennzahlen auch durch die Probe des DABV ausgeführt werden: Eine Lösung von 1 Teil Kakaobutter in 2 Teilen Äther bleibt bei gewöhnlicher Temperatur 24 Stunden lang klar, Talg und ähnliche Fette scheiden sich aus. Bei extrahierter Kakaobutter zeigen sich auch Ausscheidungen, die aber Kristallbüschel darstellen, während Talg sich flockig ausscheidet.

Verwendung: Die ausgedehnteste Verwendung findet Kakaobutter in der Schokoladenindustrie zur Herstellung von Schokolade-Überzugsmassen (Kuvertüren), ferner in der Kosmetik (Pomaden), in der Pharmazie (Zäpfchen, Pillen usw.) und zur Gewinnung von Parfüms in Form der Enfleurage (wobei zwischen Fettschichten Blüten gelegt werden, deren Duftstoffe vom Fett aufgenommen werden, aus dem es durch Alkohol dann ausgezogen wird).

Gehandelt wird die Kakaobutter in Tafeln von 500 g oder Blöcken zu 12,5 kg. Die Tafeln werden meistens in Papier oder Stanniol gepackt.

Die Bedeutung der Kakaobutter geht aus den in Deutschland fabrizierten Mengen hervor, da, abgesehen von den im Inland gebrauchten, nicht unbedeutende Mengen, noch etwa 3000—4000 t ausgeführt werden, und zwar wurde schon 1921 mehr exportiert als vor dem Kriege (1923 etwa 2000 t). Die Einfuhr ist minimal (unter 10 t).

Kapoköl siehe Bombaceenöle.

Kokosnußöl siehe Palmenfette und -öle.

48. Kompositenöle (s. auch Nigeröl, Safloröl, Sonnenblumenöl).

a) Madiaöl (292) von *Madia sativa* Mol., Chile, Kalifornien. Anbauversuche

in Europa (Süddeutschland, Frankreich) sind anscheinend überall wieder aufgegeben worden. Die eiförmigen, 5 bis 6 mm langen Samen enthalten etwa 40 % Öl. Dies ist dunkelgelb, von angenehmem Geruch und nußartigem Geschmack. Es ist schwach trocknend, wird in dünner Schicht an der Luft zwar zähe, trocknet aber nicht ein. Als Kennzahlen geben Schaedler (a. a. O.) und De Negri und Fabris (293) an: d_{15} 0,923 bis 0,9285, VZ 193, JZ 121, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 20—22°.

Verwendung findet es fast nur in Chile, wo es als ein sehr mäßiges Speiseöl gilt, hauptsächlich aber als Brenn-, Schmier- und Seifenöl verwendet wird.

b) Klettensamenöl von *Arctium lappa* L. (*Lappa major* D. C.). Die Samen haben fast Leinsamengröße, sind aber rundlicher. Lidow (294) fand etwa 15% Öl, Schaedler (295) 25—30%. Das Öl ist goldgelb, hat leinölartigen Geruch und etwas bitteren Geschmack. Beim Stehen wird es heller und scheidet nadelförmige Kristalle ab. (d_{17} = 0,925, VZ etwa 196, JZ etwa 153.) Das Öl trocknet zu einer hellen, elastischen, durchscheinenden Haut ein. Es würde sich zur Firnisbereitung und als Seifenöl eignen. (Mit dem Klettenwurzelöl, das durch Extraktion der Wurzeln mittels fetten Öles gewonnen wird [Oleum Bardanae] hat das Klettensamenöl nichts zu tun.)

c) Dem vorigen ähnlich ist das Distelöl aus den Samen von *Onopordion acanthum* L., dessen Samen etwa 25% Öl enthalten, die als Brennöl verwendet wurden (wohl nur in kleinem Maße, im Hausbetrieb gewonnen).

d) Das »Vapachiöl« von *Vernonia anthelmintica* L., Ostindien (296). Die Samen sollen vermizid und diuretisch wirken. Sie werden gegen Mückenstiche verwendet. Das Öl, das nur laboratoriumsmäßig dargestellt wurde (18 % der Samen bei Ätherextraktion) war hellgelb, sehr viskos und schied beim Stehen feste Anteile ab (d_{15} = 0,883, VZ 203, JZ 71, n_{D25} = 1,475, Schmelzpunkt der Fettsäuren 35°).

e) Echinopsöl (297) von *Echinops ritro* erwies sich als ein nicht stark trocknendes Öl, das sich in warmem absol. Alkohol ziemlich leicht löst, was nach Wijs wohl auf den Gehalt an Oxysäuren zurückzuführen ist, der aus der hohen Azetylzahl (211) hervorgeht (d_{15} = etwa 0,930, VZ 189—194, JZ 138—141, Schmelzpunkt der Fettsäuren 11—12°).

f) Das Öl des wilden Lattichs, *Lactuca scariola,* ist goldgelb. Die Samen enthalten etwa 35% Öl; d_{15} = 0,928—0,933; n_{40} = 1,467—1,409. VZ 189—193; JZ 120 bis 136; Azetylzahl 12—26.

Kürbissamenöl siehe Cucurbitaceen.

Krotonöl siehe Euphorbiaceen.

49. Labiatenöle. Von Labiatenölen sind außer Perillaöl (s. dieses) noch zu erwähnen:

a) Salbeiöl aus den Samen zweier nicht genau festgestellter Spezies beschreibt Suzzi (298) als stark trocknendes Öl, das in der Firnis- und Seifenindustrie vielleicht brauchbar sei.

b) Das Öl von *Salvia plebeia,* einer indischen Waldpflanze, beschreiben Rau und Simonsen als blaßgelbes schwach trocknendes Öl. Es wurde Stearin-, Öl-, Lino- und Linolensäure festgestellt [d_{D30} = 0,934, n_{D30} = 1,483, SZ 6, VZ 195, JZ 131, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 10,5—11 (302)].

c) Hyptisöl aus den Samen von *Hyptis spicigera* Lamk. (Westindien, Peru, Brasilien, zentralafrikanisches Seengebiet). Aus den sehr kleinen Samen wird ein Öl gepreßt (299).

d) Lallemantiaöl wird aus den Samen von *Lallemantia iberica* (*Dracocephalum cristatum*) gewonnen, heimisch in Taurien und im Kaukasus, angebaut bei Kiew. Die sehr ertragreiche und äußerst leicht kultivierbare Pflanze (300) hat kleine Samen (etwa 5 mm lang, 1,5 mm breit und 1 mm dick) mit einem Ölgehalt um 30 %. Das Öl ist stark trocknend (d_{20} = 0,9336, Erstarrungspunkt —35°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren +11°, VZ 180 bis 185, JZ 162). Das Öl wurde in Rußland als Speise- und Brennöl benutzt, es soll sich auch zur Firnisbereitung eignen (301).

50. Lauraceenöle.

a) Lorbeeröl (Lorbeerfett) wird aus den Beeren des Lorbeerbaumes *Laurus nobilis* L. durch Auskochen mit Wasser gewonnen. Die Ausbeute ist verhältnismäßig gering, da 8—9 % Öl im Rückstand verbleiben. Die Ölgewinnung wird nach

S. Fachini (303) vornehmlich in der Gegend des Gardasees vorgenommen. Die Beeren enthalten 17—25 % Öl.

Das Öl aus Schale und Fruchtfleisch ist grün oder gelbgrün, riecht nach Lorbeerblättern. Das Kernöl ist gelblich, butterartig, von weniger hervorstechendem Geruch (Schmelzpunkt 33°, Erstarrungspunkt 10°, nach Fachini [a. a. O]).

Für Gardaöl gibt F. die Dichte 0,926 (15°), n_{D15} = 1,4710, Erstarrungspunkt 24 bis 25°, Verseifungszahl 205, Jodzahl von 74,5 an, Kernöl VZ 219, JZ 71, Schalenfruchtfleischöl VZ 188, JZ 83.

Das Öl ist leicht verseifbar, gibt gut lösliche Seife mit dickem, aber wenig anhaltendem Schaum.

Es soll aus Trilaurin und etwas Myristin nebst kleinen Mengen von Harz, Chlorophyll und eines ätherischen Öles bestehen.

Fachini schlägt vor, die Beeren erst auszukochen, dann zu trocknen und zu extrahieren.

Neben der Verwendung zu Seifen wird es als Gewürz und in der Veterinärheilkunde verwendet.

b) Von anderen Lauraceenfetten sind zu erwähnen:

Lorbeertalg, das Fett der *Tetranthera laurifolia* Jaqu. (= *Sebifera glutinosa* Lour.), Talglorbeerbaum. Auch *T. citrata* Nees, *T. glabraria* und *T. Roxburghii*. Die Samen geben durch Auskochen ein festes Fett, das in der Kerzenfabrikation Verwendung findet. Heimat ist Annam und Indochina, eingeführt in Amerika (304).

Tangkallagfett aus den Samen von *Litsea sebifera* Bl. (= *Lepidadenia Wightiana* Nees = *Cyclicodaphne Wightiana* Nees), Heimat: Java und Hinterindien. Das Fruchtfleisch enthält 36 % Fett (305), die Samen dagegen über 50 %. Das Samenfett erstarrt bei 27° zu einer spröden weißen Masse, in nadelförmigen Büscheln kristallisierend. Nach A. Schröder (306) besteht das Fett aus 96 % Trilaurin und 2 % Triolein, während van Gorkom (307) und Sack (305) 85—87 % Trilaurin und 15—13 % Triolein angeben. Nach Lemarié gibt ein Baum so viel Fett, daß man 500 Kerzen daraus herstellen kann. Das Fett wird zur Kerzen- und Seifenfabrikation verwendet.

Advogatofett (Perseafett) aus den Samen von *Persea gratissima* Gaertn. (*Laurus persea* L.), dunkelgrünlichbraunes Öl nach Schaedler, nach Niederstadt (308) goldgelb, halbfest, mit kristallinischen Ausscheidungen. Es besteht aus 30 Teilen Olein und 70 Teilen Laurostearin. In Amerika als Seifenfett verwendet, in Europa ist es wenig bekannt.

Laurus benzoin L. (= *Lindera benzoin* L., Meißen) enthält in den Samen ein hauptsächlich aus Laurinsäure-, ferner Ölsäure- und Caprinsäureglyzeriden bestehendes gelbes kristallinisches Fett vom Schmelzpunkt 26° (309).

Laurus indica Lour. (= *Machilus odoratissima* Nees), Ostindien, enthält in den Samen, die größer sind als die der europäischen Abart ein Öl, das auch von diesem verschieden ist. Nach de Negri und Fabris hat es die Dichte 0,926 (15°), VZ 170, (nach Eisenstein) 190, JZ 119, (nach Eisenstein und Visser) 86—90, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 18—19° (310).

Das Kusuöl (311) aus den Samen des Kampferbaumes *Cinnamonum camphora* Nees, Japan, bildet 42 % der Früchte. Es ist eine weiße kristallinische Masse von schwach aromatischem kokosölartigem Geruch, das wahrscheinlich zum großen Teile aus Laurin besteht und dem Kokosöl in der Verwendung nahe kommen würde ($d_{100°}$ = 875, Schmelzpunkt 22—23°, VZ 284, JZ 4,5 [Wijs], n_{D25} = 1,4517).

Machilus Thunbergii S. et Z., Japan, enthält in den Samen 65 % bräunlichgelbes fettes Öl, enthält aber mehr ungesättigte Fettsäuren als das vorige (d_{25} = 0,935, n_{D25} = 1,465, VZ 241, JZ [Wijs] 66) (312).

51. Lecythidaceenöle.

a) Das wichtigste Öl dieser Klasse ist das Paranußöl aus den Samen von *Bertholletia excelsa* Kumb. et Bompl. (und *Berth. nobilis* Miers). Die sehr fettreichen Paranüsse [durchschnittlich 70 % Fett (313)] werden sowohl in der Heimat (Brasilien, überhaupt Südamerika) wie in Europa gepreßt. In Europa dienen die guten fast völlig zu Speisezwecken, während ranzige oder sonst minderwertige auf (technisches) Öl verarbeitet werden.

Das Öl (314) aus guten Nüssen ist von angenehmem Geschmack, geruchlos und sehr hell, das aus ranzigen dunkler und von ranzigem Geruch und Geschmack. Es erstarrt bei 0—4°, hat bei 15° die Dichte 0,917—0,9185, VZ 193, JZ 90—106, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 31—32°. Das Öl wird in Brasilien als Speiseöl, in Europa besonders als Seifenöl verwendet.

b) Weniger Bedeutung haben das Paradiesnußöl (Sapucajaöl) von *Lecythis zabucayo* Aubl., L. *ollaria* L. (*L. urnigera* Mert.), *Lec. pisconis* Camb. und anderen Lecythisarten, deren Heimat Brasilien und Guayana ist. Das Öl dient in der Heimat als Speiseöl, es wird leicht ranzig, wenn auch nicht so leicht wie Paranußöl, dem es nach Aussehen und Kennzahlen ähnlich ist (315). Auch *Lecythopsis rufescens* Camb., *Courtari rufescens* Camb., *Jequiliba assu* liefern ein ähnliches Öl.

Die Samen von *Barringtonia racemosa* L. (Molukken, Java) liefern nach Schaedler (316) ein gutes Brennöl. Das Öl von *Barr. speciosa* L. hat nach van den Driessen-Mareener (317) $d_{21} = 0{,}9188$, $n_{D25} = 1{,}469$, VZ 172, JZ 134, SZ 87, die Fettsäuren sind im wesentlichen Öl-, Palmitin- und Stearinsäure (unmöglich bei einer Jodzahl von 134! Der Verf.).

52. Leguminosenöle. Sojaöl und Erdnußöl siehe dort.

a) *Mimosa scandens* Roxb. (= *Entada scandens* Benth.), Riesen- oder Meerbohne (trop. Amerika, Kanaren, Bengalen, Ceylon, hier Gilla oder Gardao genannt). Fast hühnereigroße Samen mit etwa 30 % Öl (nicht näher untersucht).

b) *Mimosa dulcis* Roxb. (= *Pithecolobium dulce* Benth., *Inga dulcis* Willd.), Heimat Mexiko, vielfach kultiviert, in Indien weit verbreitet. Die schwarzen glänzenden Samen enthalten etwa 13 % Öl, gelblichweiß, sehr viskos, Stearin abscheidend ($d_{15} = 0{,}855$, SZ 64, VZ 206, JZ 57, $n_{D25} = 1{,}472$) (318).

c) *Adenanthera pavonina* L., kleinblättriger Korallenbaum (im Gegensatz zu *Corallodendron*). Trop. Indien, Madagaskar, Réunion. Die harten, roten, glänzenden Samen enthalten etwa 35 % Öl, nicht näher untersucht (319).

d) *Parkia biglandulosa* Br., Ostindien, »Ingaöl«. Die Samen enthalten etwa 18 % Öl, nicht näher untersucht.

e) Owalaöl von *Pentaclethra macrophylla* Benth. (320). Von der westafrikanischen Küste, dort Owala genannt, und der südafrikanischen, dort Nullapansa genannt. Samen und Schale wiegen etwa 8—20 g, der Ölgehalt beträgt 40—50 %. Das von Koch (321) mit Äther extrahierte Fett war von angenehmem Geschmack und aromatischem Geruch. Bei 18—19° zeigten sich weiße Ausscheidungen (Stearine?). Bei +4° butterartig. ($d_{25} = 0{,}912$, $n_{40} = 1{,}4654$, VZ 182—86, JZ 88—100, Erstarrungspunkt der Fettsäuren etwa 50—52°.)

Das Rohöl wird zur Seifenfabrikation gebraucht, ist aber nicht sehr wertvoll, da die Seifen weich werden. Raffiniert könnte es als Speiseöl dienen. Preßrückstände würden gutes Futtermittel darbieten.

f) Tamarindensamenöl von *Tamarindus indica* L. Tropisches Asien und Afrika. Die Samen enthalten 20 % eines dickflüssigen Öls, das als Brennöl verwendet wird (322).

g) Bonducnußöl von *Caesalpinia bonducella* Roxb. (323). Tropisches Asien und Afrika. Die Samen, Nickersamen, nicker seeds, liefern das Bonducnußöl, das als Brennöl und als Arzneimittel verwendet wird. In Brasilien zur Einreibung gegen Rheumatismus [Rosenthal]. Niederstadt (324) fand SZ 9,6, VZ 157—58, JZ 90. Schaedler, a. a. O. S. 524.

Bauhinia variegata L. und *B. candida* Roxb., »Kavidara Kadmar« der Indier liefern Samen mit 30 % Öl, nicht näher untersucht (332).

h) Ozombanuiöl aus den kastaniengroßen Samen einer *Bauhinia* nach Dinter *B. esculenta* Burch. Nach Adlung (335) enthält das zerriebene gelbe Nährgewebe etwa 40% Fett (JZ 95, VZ 189, $n_{25} = 1{,}469$). Nach S. T. Bray (336) ist das Öl von *B. esculenta*, der Gemsbockbohne, das in deren Heimat (Südafrika) gewonnen wird, goldgelb, nußartig riechend, wohlschmeckend.

i) Bawchansaatöl von *Psoralea corylifera* L., Indien, Ceylon. Die Saat wird nach England eingeführt als »Bawchan« - Saat. Die ovalen, braunen, bitter schmeckenden Samen ergeben beim Pres-

sen nach A. Kesava-Menon (337) etwa 20 % dickes braunes Öl, das allmählich Stearin abscheidet. (d_{15} = 0,876. SZ 39, VZ 205, JZ 80, n_{25} = 1,478.) In Indien gegen Hautkrankheiten, in der Pharmazie als Purgiermittel und Stimulans.

k) Toncabohnenöl von *Coumarouna odorata* Aubl. (= *Dipteryx odorata* Willd.) (338). Guayana. Die Samen, »Toncabohnen«, enthalten etwa 25 % eines orangegelben, wachsartigen Fettes, das Kumarin gelöst enthält und in der Parfümerie beschränkte Anwendung findet. Nach Duyk (339) ist d_{100} = 0,888, Schmelzpunkt 28°, SZ 7, VZ 257.

l) Pongamöl (Hongayöl) von *Dahlbergia arborea* Roxb. (= *Pongamia glabra* Vent.). Ostindien, vom zentralen und östlichen Himalaja bis Ceylon und Malakka (auch Kanoogamanoo, Kanoogoo, Kanuga-Karra, Kagooöl, in Mysore Hougeöl genannt). Wird aus frischen Samen gepreßt, ist dickflüssig, hellorangebraun, von bitterem Geschmack [d_{18} = 0,946, Schmelzpunkt der Fettsäuren 30° (340)]. Lewkowitsch (341) erhielt andere Zahlen: d_{15} = 0,936, VZ 178—183, JZ 89—94, n_{40} = 1,472—477, Schmelzpunkt der Fettsäuren 44°. Dessai, Sudborough und Watson (342) fanden d_{15} = 0,926 bis 0,9385, VZ 186—187, JZ 87—89. Es waren von den Fettsäuren 61 % Ölsäure, 10 % Linolsäure, 10 % Palmitinsäure, ferner Myristin-, Stearin-, Arachinsäure.

In Indien als Brennöl und zu Heilzwecken verwendet. Es wäre als Seifen- und Kerzenfett verwendbar.

Kinobaumöl von *Butea frondosa* Roxb. Die Samen liefern nach Lépine (343) etwa 16 % gelbes, etwas dickflüssiges Öl. d(?) = 0,917, Erstarrungspunkt + 10°.

m) Bohnensamenöl (Bohnenöl) wird von verschiedenen Bohnenarten *(Phaseolus)* in Ostasien, vornehmlich China, gewonnen. Nach Korentschewski und Zimmermann (344) ist das chinesische Öl dunkelbraun, flüssig, im Geruch an Baumöl, im Geschmack an andere eßbare Bohnenöle erinnernd. Kennzahlen von vier verschiedenen Ölen: SZ 2—16, d_{15} = 0,9264—0,9287, Erstarrungspunkt etwa 14—15°, VZ etwa 208—212, JZ 114—137, Erstarrungspunkt der Fettsäuren + 16—17°. In China als Speiseöl viel benutzt, auch als Brennöl. Es würde sich als Seifenöl mindestens so gut eignen wie helles amerikanisches Kottonöl.

n) Die Samen von *Afzelia africana,* einer Papilionacee, enthält nach Diedrichs und Schmittmann (345) im Kern etwa 19%, im Arillus 54% fettes Öl. Das Kernöl war hellgelb, dickflüssig, ohne besonderen Geruch, das Arillusöl ziegelrot, dem Palmöl ähnelnd, nach Veilchen riechend. Das Samenöl bzw. Arillusöl hat folgende Konstanten: n_{D40} = 1,472 bzw. 1,462, VZ 229 bzw. 210, JZ 74 bzw. 56.

o) Das Samenöl des Goldregens *Cytisus laburnum* (Papilionacee) ist wegen der giftigen Eigenschaften der Pflanze nur zu technischen Zwecken verwendbar. Von A. Diedrichs erwähnt (346).

p) Das Fett von *Erythrina hypaphorus (subumbrans)* wird von N. H. Cohen erwähnt. Es ist ein festes Fett, das unter anderem auch Ameisensäure enthält (347).

53. **Leinöl** aus dem Samen von *Linum usitatissimum.* Die Hauptproduktionsländer für Leinsaat sind Argentinien (La Plata), Indien (Bombay, Kalkutta), Rußland (Baltikum, Asowsche Meeresküste), Vereinigte Staaten von Nordamerika und Rumänien. Die Gewinnung des Öles geschieht heute in allen Kulturländern in größtem Maßstabe, indem die Leinsaat zunächst auf Walzenstühlen, meistens den sogenannten angloamerikanischen Walzenstühlen mit fünf Walzen, ohne vorherige Schälung zerkleinert und dann auf Etagenpressen gepreßt wird. Die Saat wird zur Pressung auf etwa 60—70° angewärmt. Die Erwärmung geschieht durch Einspritzdampf, wenn die Saat zu trocken ist, da eine zu trockene Saat eine geringere Ölausbeute liefert als eine genügend feuchte. Ist die Saat an sich genügend feucht, so wird auch indirekter Dampf verwandt.

Zweckmäßig ist es, die Saat zunächst zu trocknen, da sie dann besser zerkleinert werden kann und auch die Schleimstoffe aus der Saat infolge besserer Koagulation nicht in gleich großem Maße wie bei frischer Saat in das Öl übergehen. Die getrocknete Saat wird dann durch Anfeuchten bzw. Einspritzdampf wieder auf normalen Feuchtigkeitsgehalt gebracht.

Die modernen Etagenpressen arbeiten mit einem Betriebsdruck von 350 Atm.,

unter dem das Saatgut in einmaliger Pressung bis auf 7—8 % Öl ausgepreßt wird. Der Gesamtölgehalt der Saat beträgt zwischen 36 und 40 %, auch gelegentlich mehr. Unter 36 % Ölgehalt aufweisende Saat wird zur Ölgewinnung nicht verwendet.

Außer in den großen Betrieben finden sich auch vielfach noch kleine Ölmühlen, so fand Ubbelohde (348) noch 1912 in Amerika viele kleine Betriebe, allerdings meist mit guten hydraulischen Pressen ausgestattet, während in Rußland und auch in anderen Ländern die kleinen Betriebe noch vielfach mit äußerst primitiven Vorrichtungen arbeiten. Nach Ubbelohde betrug die Leistung der größten Ölmühlen in Amerika (Spencer Kellog Linseed Oil Mill in Buffalo) und Deutschland (Friedrich Thörl in Harburg) 180 000 bzw. 120 000 t im Jahr.

Durch Extraktion wird Leinöl im großen wenig gewonnen, da die Leinkuchen, die ein unentbehrliches Futtermittel darstellen, notwendig einen gewissen Ölgehalt aufweisen müssen.

Die Öle werden durch Filtration oder Lagern geklärt. Leinöl, das für Lacke bestimmt war, ließ man früher sehr lange, zum Teil jahrelang liegen, um die im Laufe der Zeit erfolgende »Entschleimung« des Öles abzuwarten. Heute wird die Entschleimung künstlich bewerkstelligt. Unter dem Schleim versteht man solche Substanzen, die sich beim Erhitzen des Leinöles auf etwa 280° in einer schleimigen gallertartigen Form ausscheiden, die oft großen Raum einnimmt, ohne mehr als etwa ein bis zwei Zehntel Gewichtsprozente zu betragen. Wolff und Dorn schreiben dies dem kolloiden Zustand des ausgeschiedenen Schleimes zu (349). Über die chemische Natur des Schleimes gehen die Ansichten noch etwas auseinander. Thompson (350) fand, daß er hauptsächlich aus Kalzium- und Magnesiumphosphat besteht, die vermutlich an eine organische Base gebunden in Lösung gehalten werden. (Die Annahme einer organischen Base erscheint unnötig, wenn man die Lösung als kolloid ansieht.) Eisenschime und Copthorne (351) fanden außer diesen Bestandteilen noch nahezu zur Hälfte des Schleimgewichtes Kieselsäure. Der organische Anteil soll aus einer zuckerartigen Substanz bestehen, die bei der Hydrolyse Hexose und Pentose ergibt (352).

Ein durch Erhitzen vom Schleim befreites Leinöl wies gegenüber dem anfänglichen Aschengehalt von 0,143% nur noch einen solchen von 0,004 % auf, während ein durch lange Lagerung »entschleimtes« Leinöl noch 0,06 % Asche enthielt.

Bei dem Erhitzen des Leinöls zum Zwecke des Entschleimens hellt sich die Farbe wesentlich auf. Zur Bleichung wird aber gewöhnlich die Behandlung des Öles mit Walkerde oder ähnlichen Aluminiummagnesiumhydrosilikaten vorgezogen, die gleichzeitig eine teilweise Entschleimung bewirkt.

Äußere Eigenschaften: Kalt gepreßtes Öl ist goldgelb, oft auch grünlich, warm gepreßtes hat eine dunkler gelbe bis bräunliche Färbung. Das durch Erhitzen entschleimte weist oft eine schwache grünliche Fluoreszenz auf. Der Geruch und Geschmack des Leinöles ist typisch, letzterer etwas süßlich, schwach kratzend. Geruch und Geschmack beruhen nach Tsujimoto (353) auf den Zersetzungsprodukten, die infolge von Oxydation aus den geringen Mengen freier ungesättigter Fettsäuren entstehen. Bei der Extraktion erhält man Öle mit tranartigem Geruch, den das Leinöl überhaupt sehr leicht annimmt, z. B. oft durch Erhitzen, und der schon oft nach Erfahrung des Verfassers zur irrigen Annahme einer Verfälschung mit Tran geführt hat. Mit Schwefelkohlenstoff extrahierte Öle haben einen knoblauchartigen Geruch und dunkelrotgelbe Farbe. Sonst haben die Extraktionsöle eine grünliche Färbung, die aber auch gelegentlich bei gepreßten Ölen auftritt. Bei —15 bis —20° beginnt das Leinöl Ausscheidungen aufzuweisen.

Kennzahlen: Nach Wolff (354) bewegen sich die wichtigsten Kennzahlen in folgenden Grenzen, wobei die eingeklammerten Werte die äußersten Grenzwerte angeben, die nicht eingeklammerten die am häufigsten vorkommenden Zahlen:

Dichte bei 20° (0,927—0,931) 0,9285 bis 0,9305 in 88 % der Vorkommnisse, Brechungsindex bei 20° (1,4785—1,4815) 1,4795—1,4810 in 84 % aller Fälle, Verseifungszahl (187—196) 188—192 in 86%

aller Fälle, Jodzahl nach Hübl-Waller: (170—192) 170—180 in 94 % der Fälle.

Die Jodzahl der Leinöle verschiedener Herkunft ist im Mittel recht verschieden, worauf schon Niegemann (355) hingewiesen hat. Die Untersuchungen von Lund (356) bestätigen dies.

Eine wichtige Kennzahl für die Reinheit des Leinöls ist die Ausbeute an ätherunlöslichen Hexabromiden der Linolensäure, die zwischen 50—59 % beträgt. [Bei der Ausbeute spielt die Methodik eine große Rolle. Man kann für analytische Zwecke die Methode von Eibner und Muggenthaler heute als die beste ansehen (357).]

Chemische Zusammensetzung: Die Fettsäuren des Leinöls sind hauptsächlich ungesättigte, von gesättigten sind nach übereinstimmenden Zahlen aller Autoren nur etwa 7,5—10 %, im Mittel 8—9 % vorhanden. Nach einer neuen genauen Analyse eines Leinöles durch Eibner und Schmidinger (358) war dieses folgendermaßen zusammengesetzt:

Linolensäure	20,1 %
Isolinolensäure . . .	2,7 %
α-Linolsäure	17,0 %
β-Linolsäure	41,8 %
Ölsäure	4,5 %
Gesättigtes Stearin	8,3 %
Unverseifbares . . .	1,0 %
Glyzerinrest	4,1 %

Die Glyzeride sind gemischte Glyzeride, so wiesen Eibner und Schmidinger nach, daß die Linolensäure zum größten Teile als Dilinolenlinolsäureglyzerid vorhanden ist und die Ölsäure als Dioleopalmitin. Ferner wurde in der Fabrik von Georg Schicht in Aussig nachgewiesen, daß Linoleodistearin, sowie Dioleostearin vorhanden ist (359). Man muß natürlich nicht glauben, daß diese Zusammensetzung nun stets die gleiche ist, jedoch ist sie qualitativ und quantitativ ein Anhaltspunkt für die typische Zusammensetzung von Leinöl.

Die Reinheit eines Leinöls wird am besten durch Feststellung des Brechungsindex, der Verseifungszahl und der Hexabromidzahl dargetan. Namentlich die letztere gibt gute Anhaltspunkte für die Gegenwart fremder Öle. Die Gegenwart von Tran wird am sichersten durch die sogenannte Oktobromidprobe erkannt. Die ätherunlöslichen Bromide der Trane sind nämlich in Benzol unlöslich im Gegensatz zu den Hexabromiden des Leinöls, die übrigens bei 178° schmelzen, während die Tranbromide sich bei etwa 190° unter Schwärzung zersetzen ohne zu schmelzen. Eibner empfiehlt, einen dünnen Aufstrich und nach erfolgtem Trocknen von dem »Film« eine Schmelzpunktsbestimmung zu machen. Bei reinem Leinöl verkohlt der Film unter Sintern bei 240—260° ohne zu schmelzen. Filme von verschnittenen Ölen schmelzen meist weit darunter.

Verwendung: Die Hauptmenge des Leinöls findet ihre Anwendung in der Firnis- und Lackindustrie. Man kann es geradezu als »das« Öl dieser Industrie bezeichnen, dem nur noch in neuer Zeit das Holzöl an Bedeutung nahe kommt. Das Leinöl verdankt diese Verwendung dem Umstande, daß es ein typisches trocknendes Öl ist, d. h. in dünner Schicht ausgebreitet sich in eine zusammenhängende feste Schicht umwandelt. Diese Eigenschaft verdankt das Leinöl dem hohen Gehalt an mehrfach ungesättigten Säuren (Linolensäure und Linolsäuren), s. auch Einleitung, A V.

Nach den neueren Ansichten, die besonders von Eibner, Wolff u. a. m. verfochten werden, ist die Trocknung aber nicht allein durch den oxydierenden Einfluß der Luft zu erklären, sondern dieser leitet nur den ebenso wichtigen Prozeß einer kolloidchemischen Verfestigung ein. Hierfür spricht unter anderem nicht nur das typisch kolloide Verhalten der festgewordenen Leinölschicht, des sogenannten »Filmes«, sondern auch die Tatsache, daß der feste Film noch so bedeutende Mengen nichtoxydiertes Öl enthält, daß eine Verfestigung lediglich durch Umwandlung in Oxydationsprodukte durchaus unwahrscheinlich ist.

Die Fähigkeit des Leinöls, zu Filmen einzutrocknen, verstärkt man in der Firnisindustrie, indem man in dem Leinöl Metallverbindungen löst, namentlich solche des Bleis, Mangans und Kobalts, die als Katalysatoren wirkend, die Oxydation wesentlich beschleunigen und die Trocknung von 4—6 Tagen auf 12—14 Stunden

herabsetzen. Die mit solchen als »Trockenstoffe« bezeichneten Verbindungen beladenen Leinöle werden als Leinölfirnis bezeichnet.

Eine andere Form der Verwendung des Leinöls in dieser Industrie ist die in Form von Dickől oder Standöl. Darunter versteht man das durch Erhitzen des Leinöls auf hohe Temperaturen (um 300°) erhaltene stark verdickte Öl, das im wesentlichen als ein Polymerisationsprodukt anzusehen ist, in dem durch Auflösung der Doppelbindungen der mehrfach ungesättigten Fettsäuren sich zwischen diesen ein Zusammenschluß von zwei oder nach Wolffs Ansicht zum Teil auch mehreren Molekülen vollzogen hat. Diese Standöle werden bei der Farbenherstellung verwendet, besonders deshalb, weil die mit Standöl hergestellten Farben höheren Glanz aufweisen als Firnisfarben und dabei wetterfester sind als diese und noch mehr als Lackfarben. Ferner werden Standöle als Bindemittel für Druckfarben, als Lithographenfirnisse u. dgl. verwendet. Weiterhin wird das Leinöl zur Herstellung von Lacken benutzt, indem es zu geschmolzenen Harzen zugegeben wird und nach »Verkochen« mit diesen (Erhitzen auf etwa 300—350°) mit flüchtigen Verdünnungsmitteln zur Streichfertigkeit verdünnt wird.

Ein bedeutender Anteil der Leinölerzeugung geht in die Seifenindustrie. Insbesondere wird viel Leinöl zur Erzeugung von transparenten Schmierseifen verbraucht. Eine recht große Menge geht auch in die Linoleumindustrie über, bei der das Leinöl erst durch Aussetzen an der Luft bei mäßiger Wärme (durch Aufstreichen auf Bänder), neuerdings auch durch Blasen mit Luft in ein festes Oxydationsprodukt, das Linoxyn, übergeführt wird, das man sodann mit Harzen (besonders Kaurikopal) und Korkmehl vermengt und preßt. Weiter wird Leinöl zur Imprägnierung von Stoffen zum Wasserdichtmachen benutzt, sodann auch in großen Mengen zur Herstellung von Glaserkitt, zu dem oft auch Leinölsatz verwendet wird, d. h. der trübe Bodensatz von durch Erhitzen entschleimtem Leinöl, und Firnissatz oder Firnistrub, die aus dem Bodensatz von Firnissen, bei denen sich Schleim, vermischt mit ausgeschiedenen Anteilen der Trockenstoffe und Firnis abgesetzt hat, bestehen.

Endlich dient das Reaktionsprodukt des Leinöls mit Schwefel (brauner Faktis) oder mit Schwefelchlorür (weißer Faktis) als ein viel verwendetes Füllmittel für Kautschukwaren.

Im Handel unterscheidet man rohes Leinöl, gebleichtes Leinöl und Lackleinöl. Von letzterem wird neben heller Farbe auch noch verlangt, daß es entschleimt ist, also beim Erhitzen auf 270—300° nichts ausscheidet (nicht bricht).

Die Einfuhr von Leinsaat in Deutschland (einschl. Leinmehl) betrug 1913 560 428 t, von denen 429 664 aus Argentinien stammten, 1921 waren die entsprechenden Zahlen 131094 und 111726. England führte 1918 bzw. 1919 105 500 bzw. 700 400 t Leinsaat ein.

Die Bedeutung des Leinöls als Speiseöl ist relativ gering, wenn es auch in einigen Ländern und in einigen Gegenden von Deutschland, besonders in Schlesien, gern zum Braten genommen wird. Die Kerzenindustrie macht Gebrauch von dem gehärteten, d. h. durch Wasserstoff bei Gegenwart von Nickelkatalysatoren reduziertem Leinöl, das als Linolith in den Handel kommt.

Ein wichtiges unentbehrliches Futtermittel stellen die Leinkuchen dar, die einen hohen Proteingehalt aufweisen (etwa 28—35 %). Die Leinkuchen sind oft sehr unrein (360).

54. Lichtnußöl (Candlenußöl, Bakulnußöl) von *Aleurites moluccana* Willd. (= *A. triloba* Forst, *Croton moluccanum* L.). Die Pflanze ist in den Tropen und Subtropen der Alten Welt durch Kultur verbreitet. Die Früchte sind apfelgroß, fleischig und enthalten zwei graugelbliche, annähernd herzförmige Samen (etwa 2,6 : 2,5 : 3,0 cm). Die sehr harte Samenschale ist etwa 2,5 mm dick. Der äußerlich kreideweiße, innen hellgelbe Kern beträgt etwa 35 % des Samens. Die Kerne haben etwa 60 % fettes Öl. Der hohe Ölgehalt wird von den Eingeborenen der Südseeinseln in folgender interessanten Weise ausgenützt: Die durch Rösten des Samens spröde gemachte Schale wird durch Schlagen mit Steinen entfernt, die entschälten Kerne werden auf Bambusstäbe oder dergleichen aufgereiht und

diese eventuell zu mehreren vereinigten Stränge dienen dann als helleuchtende Fackeln. Daher auch der Name Lichtnuß (candlenut, noix de chandelle) (361).

Gewinnung: Im Heimatlande werden die zerkleinerten Samen mit Wasser ausgekocht oder gepreßt. In den Kulturländern preßt man die entschälten Samenkerne einmal kalt, dann warm und filtriert das Öl. Die Samen werden wegen der relativ großen Schwierigkeit der Entschälung und der zu hohen Transportkosten der ungeschälten Samen nicht in allzu großer Menge exportiert, hauptsächlich aus der kleinen Sundainsel Sumbara und aus dem polynesischen Archipel (362).

Eigenschaften: Die Eigenschaften des Öles werden nicht übereinstimmend geschildert, was nach de Negri (363) daran liegen dürfte, daß verschiedene Autoren verschiedene Arten von *Aleurites*-Früchten, die unter dem Namen Bancouillier in den Handel gekommen sind, untersucht haben.

Ein Öl aus sicheren Bankulnüssen lieferte nach Lewkowitsch (364) ein farbloses bis gelbliches Öl durch Kaltpresse von angenehmem Geruch, mildem Geschmack und purgierenden Eigenschaften. Fendler beschreibt ein extrahiertes Öl als hellgelb, schwach tranartig riechend und kratzend schmeckend. Erstarrungspunkt —15° (365). Extrahiertes Öl war bei de Negri und Fabris bei —18° noch flüssig. Das Öl trocknet in dünner Schicht schnell ein.

Kennzahlen: d_{15} = 0,920—0,926, n_{D15} = 1,475—1,476, VZ 190—195 [nach West und Montes etwa 215 (366)], JZ etwa 140—160, sehr verschieden angegeben, auch 114 (Fendler a. a. O.), Erstarrungspunkt der Fettsäuren 13—15°.

Nach West und Montes (366) 54 % Ölsäure, 32 % Linolsäure und 6 % Linolensäure, sowie etwa 3 % feste Fettsäuren, keine Eläostearinsäure.

Das Öl von *Aleurites Fordii* und *A. montana* wird von West und Montes (366) als eläostearinsäurehaltig erwähnt (siehe Holzöl Nr. 44).

Nach de Negri wird das Öl meistens von den Eingeborenen als Brennöl benutzt. Es würde sich als Seifen- und Firnisöl eignen. Die Produktion auf den Sandwichinseln soll etwa 10 000 Gallonen im Jahr betragen.

Leindotteröl siehe Cruciferenöle, 29 a.

55. Liliaceenöle. Spargelsamenöl aus den Samen der Liliacee *Asparagus officinalis* (15 % der Samen) untersuchte W. Peters (367). Es ist ein trocknendes Öl (d_{15} = 0,928, n_{25} = 1,4415, VZ 194, JZ 137), enthält Palmitin-, Stearin-, Öl-, Linol-, Linolen- und Isolinolensäure.

56. Logniaceenöle. Brechnußöl von *Strychnos nux vomica* L. (Ceylon, Vorderindien bis Nordaustralien). Nach Flückiger enthalten die radial gestellten Zellen der inneren Samenschale Fetttröpfchen, das Endosperm des Samens Öltröpfchen. Der Ölgehalt der Samen beträgt nur 4 %. Das Öl ist tiefgrün, stark fluoreszierend, sehr bitter, es enthält etwa 17 % Unverseifbares, das aus Phytosterin, einer harzartigen Substanz und Strychnin, sowie Brucin (etwa 3 %) besteht. Etwa 9 % sind feste Glyzeride (Palmitin und wahrscheinlich auch Arachinsäure) und etwa 75 % flüssige Glyzeride mit geringen Mengen flüchtiger Fettsäuren (368). (d_{20} = 0,882, $d_{100/15}$ = 0,864, VZ 160—170, JZ 64—80.)

Gelsemiumöl von *Gelsemium nitidum* Mich., Virginien, Florida, Mexiko, ist im Rhizom (etwa 5 %) in den Wurzeln (7,5 %), im Stamm (3 %) enthalten (369).

Lorbeeröl siehe Lauraceenöle, 50 a.

57. Lycopodiumöl von *Lycopodium clavatum* L. (Bärlapp), mittleres nördliches Europa, Asien und Amerika. Die Sporen (Hexenmehl) ergeben, wenn sie bis zum Zerreißen der Zellwand zerkleinert werden, etwa 50 % Öl. Dies ist grün bis hellgelb, wachsartig riechend und von mildem, nachher kratzendem Geschmack. Es soll eine ungesättigte Fettsäure (Lykopodiumölsäure) enthalten (etwa 80 %), $C_{16}H_{30}O_2$ (370).

58. Lythraceenöle. Nur das fette Öl der in Indien beheimateten *Lawsonia alba* Lambk. (*L. inermis* L.) findet sich erwähnt. Nach Hooper (371) enthalten die Samen etwa 10 % Fett. Das dunkelgrüne Öl schmolz bei 25,5°, die Jodzahl war 121. Das Öl ist ohne Bedeutung, sowie das Öl der Samen der Granatäpfel (*Punica granatum*), die ein nicht trocknendes Öl (etwa 7 %) enthalten (372).

Mafuratalg siehe Meliaceenfette, 64 b.

59. Magnoliaceenöle. Sternanissamenöl von den Samen der Ma-

gnoliacee *Illicium verum* Hook, und *I. religiosum* Sieb untersuchte J. Bulir (373). Er fand in dem ersteren 45% Ölsäure, 24% Linolsäure, 23% Palmitinsäure, 2,5% Stearinsäure (abgekürzte Zahlen), in dem letzteren 60% Ölsäure, 10% Linolsäure, 22% Palmitinsäure, 2,5% Stearinsäure. Es sind nichttrocknende Öle.

60. Mahwabutter (Mahulabutter, Illipeöl, Illipetalg) wird aus dem Samen von *Illipe latifolia* Engl. = *Bassia latifolia* Roxb. (Sapotacee) gewonnen, die in Ostindien heimisch ist. Der Baum wird auch kultiviert, wenn auch wegen der großen natürlichen Bestände nicht in erheblichem Maße. Die Samen sind glänzend braun, etwas zugespitzt und liegen bis zu vier in einer eiförmigen grünen fleischigen Beere von 3—5 cm Dicke. Der Fettgehalt beträgt 50—55%.

Gewinnung: Wie bei Sheabutter, s. 103. Durch Pressen gewinnt man 35 bis 40%.

Äußere Beschaffenheit: Das Fett hat schmalzartige Konsistenz, grünlichgelbe bis gelbe, an der Luft leicht ausbleichende Färbung, Geschmack und Geruch sind milde, etwas nußartig. Es wird im Gegensatz zur Sheabutter und Fulwabutter leicht ranzig.

Kennzahlen: Spez. Gewicht bei 15° 0,917, Verseifungszahl 189—194, Jodzahl 53—68 (meist um 60), Schmelzpunkt 23 bis 30°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 52—57°, Brechungsindex (40°) 1,460 bis 1,461.

Chemische Zusammensetzung: nicht näher untersucht. Hauptsächlich wohl Palmitin und Olein, bei älterer Butter viel freie Säuren, die sich schon mikroskopisch erkennen lassen.

Verwendung: In Indien wird das Illipefett als minder gutes Speiseöl verwendet, als Brennöl und Heilmittel für Hautkrankheiten. Nach Europa kommen jetzt große Mengen, die in der Kerzen- und Seifenfabrikation Verwendung finden. Nach Sachs soll das Fett oft mit Siaktalg (Borneotalg) verwechselt oder verfälscht werden.

61. Maisöl. Das Maisöl wird aus den Keimen des Maiskorns von *Zea mays* L. (Graminee) gewonnen. Die Früchte des Mais sind gewöhnlich glatt, weiß bis gelb, haben aber auch nicht selten rötliche Farbe. Der größte Teil des Kornes ist von Stärke erfüllt, die etwa 80—85% des Kornes ausmacht. Rund 10% entfallen auf die glasige Schale, während 10% auf den Keim zu rechnen sind. Nur die Keime sind ölreich. Sie enthalten im Mittel etwa 20% Öl, während die Schale nur etwa 6% und der übrige Inhalt rund 12% Fett aufweisen.

Der aus Amerika stammende Mais wird heute in allen tropischen und in allen anderen Ländern mit einigermaßen warmem Klima angebaut. Das Klima, das der Mais benötigt, stimmt etwa mit dem für guten Weinbau erforderlichen zusammen.

Früher wurden die ganzen Körner verwendet und das Öl als Nebenprodukt bei der Brennerei, wo es sich bei der »Maische« abschied und abgeschöpft wurde (374). Jetzt wird das Maiskorn zur Gewinnung von Stärke zu Genußzwecken (Mondamin, Maizena usw.) entkeimt, um ihm den öligen Beigeschmack zu nehmen und nach Absieben der Verunreinigungen, nach Trocknen und Mahlen gepreßt. Der Ölgehalt der Keime beträgt 33—36%.

Äußeres: Maisöl ist ziemlich dickflüssig. Die Farbe ist hellgelb bis goldgelb, bei zu stark erhitzten Keimen auch rötlich. Geschmack und Geruch sind, besonders bei Erwärmen, charakteristisch (mandelartig); sie sind auf Anwesenheit geringer Mengen eines ätherischen Öles zurückzuführen.

Kennzahlen (375): Dichte bei 15° 0,923—0,925 (Olig und Brust fanden 0,927), Brechungsindex bei 15° 1,476 bis 1,477, Verseifungszahl 188—193,5, Jodzahl (Hübl) 117—128, Schmelzpunkt der Fettsäuren 21,5—23.

Chemische Zusammensetzung: Die Angaben gehen ziemlich stark auseinander, so fanden Tolman und Munson 7,4% feste Fettsäuren, Hopkins nur etwa 4,5%. Während die gesättigten Fettsäuren nach Vulté und Gibson aus Stearin-, Palmitin- und Arachinsäure bestehen, wurde von Hehner und Mitchell Stearinsäure nicht gefunden (376). Das reichliche Unverseifbare, bis über 2%, enthält nach Gill und Tufts (377) Sitosterin (siehe allgemeinen chemischen Teil), dessen Isolierung als Nachweis für Maisöl empfohlen wird.

Verwendung: Die Hauptverwendung liegt in der Seifenindustrie beson-

ders zur Herstellung von Schmierseifen, als Ersatz für Leinöl, auch für Baumwollsamenöl. Raffiniertes Maisöl wird auch als Zusatz zu Speiseöl und in der Speisefettfabrikation verwendet. Ferner wird es in der Wollspinnerei als Schmelzöl und zur Bereitung von Faktis benutzt. Über die Verwendbarkeit als Leinölersatz in der Farben- und Lackindustrie gehen die Meinungen auseinander. Das Trocknungsvermögen ist jedenfalls weit geringer als das des Leinöls (378).

Abb. 7.
Prunus amygdalus Stokes. *A* Frucht, *B* Steinkern in der aufgeschnittenen Frucht; *C, D* Samen längs durchschnitten, daran *c* Samenlappen, *v* Federchen, *w* Würzelchen, *E* Querschnitt durch den Samen. Nat. Größe. (Nach Focke.)

Statistik: Genauere Statistik liegt in Amerika vor, das jährlich zwischen etwa 3—4 Millionen Gallonen ausführt. Die Hauptabnehmer waren Norwegen und Schweden, Großbritannien und Deutschland, früher auch die Niederlande.

Malabartalg siehe Dipterocarpaceen Nr. 31 a.

62. **Malvaceenöle** (siehe a. Baumwollsamenöl Nr. 12).

Hibiscus cannabinus L., Ostindien. Die Samen enthalten etwa 25% Öl, das im Heimatland als Speise- und Brennöl, auch als Schmieröl verwendet wird. Nach Dekker (379) ist das (extrahierte) Öl viskos, hellgelb, von schwachem, aber charakteristischem Geruch. Chemisch ähnelt es dem Erdnußöl. Erstarrungspunkt der Fettsäuren war 29,5°, der Schmelzpunkt 34,5°, VZ 172.

Thespesia populnea Corr. (*Hibiscus populneus* L.), Küstengebiet des tropischen Asiens und Afrikas. Die Samen liefern ein ziemlich dickflüssiges, gelbrotes Öl, das nach A. F. Möller (380) von den Eingeborenen gegen Hautkrankheiten verwendet wird [d_{15} = 0,867, n_{25} = 1,479, SZ 48, VZ 201—204, JZ 71—72 (381)].

63. **Das Mandelöl** wird aus den Samen von *Prunus amygdalus* Baill. (= *Amygdalus communis* L.) (Rosacee) gewonnen. (Abb. 7.) Der Ölgehalt der süßen Samen liegt bei frischen um 40%, bei trockenen um 50%. Bittere Mandeln enthalten weniger, bis zu 20% herab*). Diese enthalten Amygdalin und Emulsin, beides sind Glukoside mit fettspaltender Wirkung. Amygdalin ist Mandelsäurenitrildiglukose ($C_{20}H_{27}NO_{11} + 3\,aq.$); Emulsin ist aus Benzaldehyd, Blausäure und Traubenzucker zusammengesetzt. Da diese Verbindungen im Magen durch die Salzsäure gespalten werden, wird Blausäure frei, woher die giftige Wirkung rührt.

Die Gewinnung erfordert große Sorgfalt, da alle zerbrochenen Mandeln, die ranziges Öl enthalten, entfernt werden müssen. Die gereinigten Mandeln werden zerstoßen und bei höchstens 30° gepreßt. Nach mehrtägigem Stehen wird von dem gebildeten Bodensatz abfiltriert.

Im Handel wird zwischen englischem und französischem Mandelöl unterschieden. Ersteres wird meist aus nordafrikanischen bitteren Mandeln gepreßt, letzteres aus sogen. Pfirsichkernen. Dies entspricht

*) Über Ölgehalte von süßen und bitteren Samen s. a. Rosenthaler, Ber. dtsch. pharm. Ges. 1922, 237. Je kleiner die Samen sind, desto höher ist der Ölgehalt, im Mittel hatten Mandeln unter 1 g Gewicht 60,5%, zwischen 1 und 1½ g 57,6% und über 1½ g 55,3% Öl.

nicht den Anforderungen des Arzneibuches. Im übrigen unterscheidet sich das Öl der süßen und bitteren Mandeln nur wenig voneinander.

Kennzahlen: Dichte bei 15° 0,916 bis 0,920 (meist 0,917—0,919), Brechungsindex (60°) etwa 1,455—1,456, bei 20° um 1,471, VZ 183—196, meist um 192, JZ 93—102, meist 95—98, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 5—10°. Der Hauptbestandteil ist Olein.

Die Erkennung von Verfälschungen ist mitunter recht schwierig. Die zahlreichen Farbenreaktionen werden von verschiedenen Autoren sehr verschieden beurteilt. Besonders das dem Mandelöl sehr nahestehende Aprikosenkernöl ist mitunter recht schwer nachweisbar (s. Aprikosenkernöl). Es kann daher der Untersuchung wegen nur auf die Literatur verwiesen werden, besonders auf Ubbelohdes Handbuch S. 109, Bd. II.

Verwendung: In der Pharmazie als schwaches Purgans, zur Herstellung von Emulsionen und Linimenten, auch in der Parfümerie und in der Seifenfabrikation wird es verwendet.

Die Rückstände, Mandelkuchen, Placenta amygdalarum, sind ein wertvolles Handelsobjekt, sie bilden das Ausgangsmaterial zur Herstellung des Bittermandelwassers (aqua amygdalarum amararum) und des Bittermandelöls (Oleum amygd. amar. aethereum) bei den bitteren Mandeln. Die Rückstände der süßen Mandeln dienen zur Bereitung der sogen. Mandelkleie.

64. Meliaceenfette.

a) Carapaöl [Carapafett, Tulucunafett, in Brasilien Andirobaöl (382) genannt] wird aus den Samen der *Carapa guayanensis* Aubl. gewonnen, auch das aus *Carapa procera* Dl. und schließlich auch das von *C. moluccensis* Lamb. (= *Xylocarpus granatum*) wird als Carapaöl bezeichnet. *C. procera* ist im tropischen Westafrika heimisch, *C. guayanensis* in Südamerika, besonders Brasilien, *C. moluccensis* ist in der Küstengegend von Indien, Ceylon, dem malaiischen Archipel und Nordaustralien verbreitet. Die Nomenklatur ist leider sehr wechselnd (388).

Nach E. H. Gane liefern die trocknen schalenhaltigen Samen 36 %, die entschälten 60 % Fett. Die Indianer gewinnen das Fett, indem sie die ganzen Samen kochen, in Haufen lagern (wobei Gärung eintritt) und nach acht Tagen zerstoßen und in Säcke füllen, die auf einen schrägen, mit Abflußrinne versehenen Block gelegt und hin und wieder leicht gepreßt werden. Auch durch Auskochen der zerkleinerten Samen mit Wasser wird das Fett gewonnen.

Die Eigenschaften sind je nach Gewinnungsart verschieden (387). So ist nach Semler (383) kalt gepreßtes Carapaöl klar, bernsteingelb und gibt beim Stehen eine kristallinische Ausscheidung. Eine von Wiesner beschriebene Probe war bei 18° eine gelbliche, stellenweise lichtbräunliche, breiartige Masse von säuerlichem, nicht unangenehmem aromatischem Geruch und stark bitterem Geschmack. Milliau wieder hatte ein Fett vom Schmelzpunkt 30,7° in Händen, das weiß und halbdurchsichtig war. Dieses bestand zur Hälfte aus Ölsäureglyzerid, zu 40 % aus Stearinsäure- und 10 % Palmitinsäureglyzerid (384).

Nach Lewkowitsch (385) ist die Dichte bei 15/15° etwa 0,927—0,932, VZ etwa 196, JZ 70—76, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 35—36°. Ein von *Carapa grandiflora* stammendes Fett aus Uganda war nach Lewkowitsch (386) fast weiß bei kalter Pressung; Dichte 15° = 0,926, VZ 198, JZ 84, Unverseifbares 3,75 %. Warme Nachpressung ergab Fett vom Schmelzpunkt 20°, Dichte 0,930, VZ 202, JZ 73, Unverseifbares 1,6 %.

Verwendung in den Heimatländern, als Heilmittel gegen Geschwüre, Flechten, Rheumatismus, zum Einreiben als Schutz gegen Insekten. Ferner als Brennöl und zur Seifendarstellung. Es wird auch nach Europa, besonders nach England und Frankreich exportiert.

b) Mafuratalg wird aus den Samen der *Trichilia emetica* Vahl. (= *Mafureira oleifera* Bert.) gewonnen. Der Baum ist im tropischen Afrika weit verbreitet, doch scheint er nur im Sambesigebiet und Mozambique, angeblich auch auf Madagaskar und Réunion ausgebeutet zu werden.

Succi (389) fand in den Kernen 64 % und in den ganzen Samen etwa 60 % Fett. Das Fett wird durch Auskochen der Samen gewonnen. Es ist gelblich, geschmacklos, im Geruch an Kakaobutter

erinnernd. Nach Villon (390) soll das Fett aus 55 % Olein und 45 % Palmitin bestehen. Die Fette der Samenschale und des Kernes sind nach W. R. Daniel und J. Mc. Crae (390) verschieden (s. unten).

Die Kennzahlen werden etwas verschieden angegeben: Schmelzpunkt nach de Negri und Fabris (391) 35—42° (Daniel und Crae 30—38°), Erstarrungspunkt (N. u. F.) 30—37°, in laboratoriumsmäßig gewonnenen Ölen 25—33°, VZ etwa 200, JZ etwa 45 (Öl der Samenschale 66 %), Erstarrungspunkt der Fettsäuren 44—52°.

Das Fett dient zur Seifenfabrikation und soll für die Kerzenfabrikation auch nach Europa kommen. Die Rückstände werden als Dünger verwendet.

c) *Trichilia subcordata* (Msukuliobaum), im Küstengebiet des ehemaligen Deutsch-Ostafrika (392). Die Samen (Mafureirasamen) werden aus Portugies.-Inhambam zur Ölgewinnung verschifft (Schmelzpunkt 45°, Erstarrungspunkt 24 bis 30°, VZ etwa 200, JZ 40, Erstarrungspunkt der Fettsäuren etwa 51°). Palmitinstearin und etwas (?) Ölsäure (müßte nach JZ etwa 40 % sein, Verf.). Für Kerzen- und Seifenfabrikation geeignet.

d) Robibutter von *Carapa microcarpa*. Fettgehalt der Früchte nach A. Hébert (393) 35 %, der Samen 50 %. (d_{15} = 0,895, Schmelzpunkt 16°, VZ 188, JZ 58).

e) Margosaöl und f) Zedrachöl. Meliaceenöle von verschiedenen Meliaarten werden nicht immer streng auseinandergehalten. Das Öl der Samen von *Melia azadirachta* L. (*Melia ind.* Brand., *Azad. indica* Juss.), indischer Flieder, in Asien, Südeuropa und Amerika kultiviert, zum Teil verwildert. Nach C. J. H. Warden (394) wird die Frucht zur Entfernung des Fleisches gewaschen und die Kerne werden nach Trocknen und Aufbrechen gepreßt.

Das Öl war in dünner Schicht gelblich, von sehr bitterem Geschmack und Knoblauchgeruch. (Geschmack und Geruch konnten durch Behandeln mit Alkohol fast ganz entfernt werden. Es wurden Spuren von Baldriansäure gefunden.

Das Öl von *Melia azedarach* L. wird von Fendler (395) als hellgrünlichgelbes Öl von eigenartigem, aber nicht unangenehmem Geschmack geschildert. Es trübt sich, anscheinend durch eine harzige Ausscheidung. (d=0,925, n_{40}=1,469, Erstarrungspunkt etwa — 12° bis — 18°, VZ 191,5, JZ etwa 135.)

Unter dem Namen Margosaöl (Veepaöl, Neemöl) beschrieb Lewkowitsch (396) ein Fett ($d_{16/16}$ = 0,914, n_{40} = 1,461, VZ 197, JZ 70), das von *Melia azedarach* (*M. azadirachta indica*) stammt. Die Samen hatten nach Fendler (397) keine Ähnlichkeit mit den von ihm untersuchten (s. vorigen Absatz).

g) Das Öl von *Melia sempervirens* Sw. (Antillen) wird nach Dragendorff (398) als Mittel gegen Grind und zur Wundbehandlung benutzt.

h) Champacafett (399) von *Melia champaca* (Holländisch-Indien). Nach Sack besteht es aus 70 % Triolein und 30 % Tripalmitin. (d_{15}(?) = 0,903, Schmelzpunkt 44,5°, JZ 60).

i) Amooraöl (400) von *Amoora rohituca* Wight et Arn. (Ostindien, malaischer Archipel, Philippinen), rötlichbraunes, schwach trocknendes Öl, ähnlich wie Leinöl riechend, wird von den Eingeborenen als Brennöl und Arzneimittel benutzt. (d_{15} = 0,984, VZ 190, JZ 135, n_{D40} = 1,469.)

k) Camulöl von *Mallotus philippinensis* (Lam.) Müll. (*Rottera tinctoria* Roxb.), Ostindien bis Australien. Die Samen enthalten 20 % eines klaren, hellbraunen Öls, das mannigfache Anwendung finden soll (401).

l) Die in Brasilien als Bandwurmmittel benutzten Samen der dort weitverbreiteten *Guarea trichiloides* L. liefern 5½% geruchloses, bitteres, nicht trocknendes Öl.

65. Micheliafett aus den Samen von *Michelia champaca* L. untersuchten Peckolt (402), Sack (403) und Niederstadt (404). Es ist ein dickflüssiges, gelbrötliches Öl, nach Sack von Butterkonsistenz vom Schmelzpunkt 44 bis 45°, das zu 70 % aus Triolein, zu 30 % aus Tripalmitin bestehen soll. Das Öl findet keine Verwendung.

66. Mimosaceenöle.

Akazienöle von *Caragena arborescens* und *Robinia pseudacacia* hat Jones untersucht. Die Samen beider enthielten etwa 13 % trocknendes Öl (JZ 129 bzw.

161). Sie bestehen aus etwa 3—8 % festen Fettsäuren, Stearin-, Erucasäure. Caragena enthält auch Palmitinsäure. Die überwiegende Menge der flüssigen Fettsäuren ist Linolsäure, daneben auch Ölsäure und bei *Robinia* auch etwas Linolensäure.

67. Mohnöl, huile d'oeillette, poppy seed oil. Das Mohnöl wird aus den Samen der Mohnpflanze *Papaver somniferum* L. (mit den Varietäten *P. album* D. C. und *P. nigrum* D. C., Papaveraceen) gewonnen (Abb. 8, 9). Beide Formen werden gebaut; der weiße Mohn gibt feineres Öl. Zur Ölgewinnung wird jedoch meistens der schwarze Mohn genommen, da dessen Kultur lohnender ist. Der Ölgehalt beider Arten ist ziemlich gleich, er schwankt zwischen 50 und 60 %.

Gewinnung: Mohnöl soll auch jetzt noch häufig im Hausbetriebe mit einfachen Hand- und Keilpressen gewonnen werden. Industriell geschieht die Gewinnung mittels moderner, gewöhnlich sogenannten Seiherpressen, nachdem die Saat durch Bürstmaschinen und dann über Siebe, endlich zur Zerkleinerung durch Walzenstühle gegangen ist. Die Pressung verläuft in zwei Stadien, bei der ersten, der Kaltpresse, wird ein helles zu Speisezwecken geeignetes Öl gewonnen (huile blanche) mit einem Gehalt von rund 2 % an freien Säuren. Bei der folgenden Warmpresse bei einer Temperatur von 60—70° fällt dunkleres, nur für technische Zwecke verwendbares Öl ab mit einem Gehalt an freien Säuren bis zu 15 % und mehr. Dieses Öl wird auch als rotes Mohnöl bezeichnet (huile de fabrique, huile russe).

Die Ölausbeute beläuft sich auf etwa 35—40 %. Noch 6—7 % Öl verbleiben in den Preßlingen.

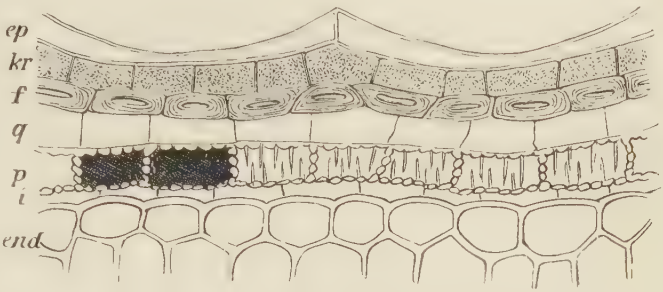


Abb. 8.
Partie eines Querschnitts der Samenschale des Mohnsamens. *ep* Epidermis, *kr* Kristallsandzellen, *f* Faserschicht, *q* einreihiges Parenchym (Vogls Querzellen), *p* Pigmentschicht (in 2 Zellen ist das dunkle Pigment eingezeichnet), *i* innerste Zellreihe der Samenschale, *end* Endosperm. Vergr. 400.

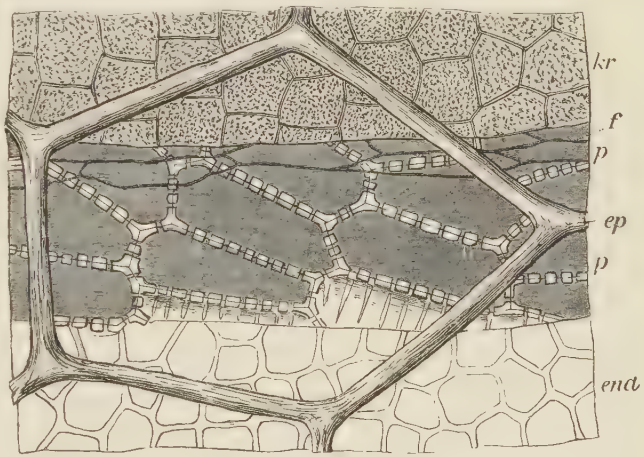


Abb. 9.
Partie der Samenschale des Mohnsamens von der Fläche. *e p* Epidermis, *Kr* Kristallsandzellen, *f* Faserschicht, *p* Pigmentschicht (in den zwei untersten Zellen ist das Pigment nicht eingezeichnet), *end* Endosperm. Es sind nur Zellschichten dargestellt, die in der Flächenschicht ohne Präparation deutlich zu beobachten sind; es fehlen also die Schichten *q* und *i* der Abb. 8. Vergr. 400.

Äußere Eigenschaften: Die Farbe des kaltgepreßten Öles ist blaßgelb bis hellgoldgelb, die des warmgepreßten dunkelgelb, auch rötlich. Der Geschmack des kaltgepreßten ist milde, der des warmgepreßten ist kratzend.

Kennzahlen: Spez. Gew. bei 15° = 0,924—0,927, Brechungsindex n_{D20} = etwa 1,475, Erstarrungspunkt: etwa bei —18°, bei —15° meistens noch flüssig, Verseifungszahl 190—198, Jodzahl etwa

135—145, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 15—17°.

Chemische Zusammensetzung: Nach Hazúra u. Grüßner sind 28—30 % Ölsäure, 60—65 % Linolsäure und etwa 5 % Linolensäure (als Glyzeride gebunden) vorhanden. An festen Fettsäuren sind nach Tolman u. Munson (405) rund 7 % gesättigte Fettsäuren vorhanden, hauptsächlich Stearin- und Palmitinsäure.

Das Mohnöl ist ein typisch trocknendes Öl. Die Trocknung unterscheidet sich aber nach Eibner (406) von der des Leinöls (s. dieses, Nr. 53) dadurch, daß nach der Gewichtszunahme durch Aufnahme von Sauerstoff ein starker Abfall des Gewichtes (und damit auch des Volumens des Trockenhäutchens) folgt infolge Weiteroxydation zu flüchtigen Verbindungen. Die Mohnölhäutchen neigen dadurch zum Springen und Reißen. Auch erweichen sie im Gegensatz zu den Trockenhäutchen des Leinöls. Unter ungünstigen Umständen (z. B. bei sehr trockener Luft, starker Sonnenbestrahlung, Gegenwart von katalytisch wirkenden Farbkörpern) kann dieser Gewichtsverlust außerordentliche Beträge annehmen, so daß Eibner geradezu von einer »Verdunstung« des Mohnöls spricht (natürlich im übertragenen Sinne).

Verwendung: Das kaltgepreßte Öl wird zum größten Teile als Speiseöl (Salatöl) verwendet, sei es für sich, sei es in Mischung mit anderen Ölen. Ferner in der Farbentechnik zur Herstellung von Künstlerfarben (Tubenfarben), die aber nur in besonderen Fällen brauchbar sind, da es nach den oben angeführten Äußerungen Eibners verständlich ist, daß solche Farben leicht zum sogenannten »Frühsprung« neigen können. Das heißgepreßte Öl dient fast ausschließlich zur Seifenfabrikation.

Obwohl die Mohnsaat seit den ältesten Zeiten bekannt ist, wird das Öl, wenigstens in größerem Maßstabe, erst etwa seit Beginn des 18. Jahrhunderts gewonnen. Es wurde früher vielfach als medizinisches Öl benutzt.

68. Moringaceenöle.

Behenöl [Benöl (407)] wird aus den Samen zweier Varietäten, *Moringa oleifera* Lam. (= *Moringa pterygosperma* Gaertn.) und *Mor. arabica* Pers. (= *Mor. aptera* Gaertn.), gewonnen. Die erste ist in Ostindien am Fuße des Himalaja beheimatet, in Amerika und Afrika weit verbreitet und wird in vielen tropischen, zum Teil auch subtropischen Gegenden angebaut. *Mor. arabica* ist im indisch-arabischen Wüstengebiet heimisch, wird in Ostindien, Ceylon, Jamaica, Domingo u. a. m. angebaut.

Aus den Kernen, die 70 % der Samen betragen, werden 35—38 % Öl gewonnen. Das im Handel befindliche Öl ist meistens flüssig, scheidet jedoch bei 10—12°, bisweilen aber auch erst bei tieferer Temperatur (0°) feste Bestandteile ab. In Europa wird das Öl bisher nicht gewonnen.

Die Kennzahlen werden sehr verschieden angegeben, wahrscheinlich, weil das Öl verschieden entstearinisiert wird. (d_{15} = 0,912—0,920, n_{40} = etwa 1,466, VZ etwa 187, JZ etwa 70—80.)

Die Fettsäuren sind hauptsächlich Öl-, Stearin- und Palmitinsäure. Ob die von Völcker gefundene Säure von höherem Schmelzpunkt (Behensäure) tatsächlich vorhanden ist oder nur ein Gemisch anderer höherer schmelzender Fettsäuren (z. B. Arachinsäure) ist, steht noch dahin.

Da Behenöl schwer ranzig wird, ist es ein gutes Schmieröl, das früher auch viel als Schmieröl für feinmechanische Werke verwendet wurde (Uhren). Ferner wurde es bei der Enfleurage, der Gewinnung von Duftstoffen aus Blüten, verwendet und zu kosmetischen Präparaten. Das heißgepreßte Öl ist dunkel und hat abführende Wirkung. Es wird in Indien daher als Purgans und außerdem als Einreibung bei Rheumatismus verwendet. Die Wirkung ist auf ein in den Samen enthaltenes Alkaloid zurückzuführen (408).

69. Mowrahbutter

(Morrahbutter, Mahrabutter, Bassiaöl) wird aus dem Samen vom indischen Mahwabaum, *Illipe malabrorum* Kön. = *Bassia longifolia* L. (Sapotacee) gewonnen. Wie die anderen Sapotaceenfette wird auch die Mowrahbutter oft verwechselt, insbesondere mit der Mahrabutter (Illipeöl), mit der sie übrigens oft gemischt in den Handel kommt. Allerdings sind, wie die Stammpflanzen, auch die Fette einander recht ähnlich. Heimat des Baumes ist Ostindien, Madagaskar, Malakka.

Gewinnung: Die Gewinnung ist die gleiche wie bei der Sheabutter (siehe Nr. 103). In den europäischen Ländern (besonders in Frankreich, Marseille) wird aus den eingeführten Samen das Öl gepreßt, auch wohl extrahiert. Die Fettausbeute beträgt 32—52 %.

Äußere Beschaffenheit: Die Mowrahbutter ist schmalzartig, sie schmilzt bei 25—28° (Erstarrungspunkt etwa 17 bis 22°). Die Farbe ist ursprünglich gelb, doch tritt beim Stehen an Luft und Licht Bleichung ein. Der Geruch ist schwach, beim Erwärmen etwas seifig, der Geschmack nußartig, etwas ölig.

Kennzahlen: Verseifungszahl 190 bis 194, Jodzahl 60—64, Brechungsindex (40°) etwa 1,460—1,462, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 40—42°.

Über die chemische Zusammensetzung ist wenig bekannt; nach Valenta besteht das Fett im wesentlichen aus Palmitin und Olein. Freie Säuren wurden von Nördlinger zu 28 % gefunden, von Lewkowitsch zu 17—20 %.

Verwendung: Im Produktionslande dient die Mowrahbutter als Speisefett (409), zu Beleuchtungszwecken und als Material zur Seifengewinnung. In immer steigendem Maße wird die Mowrahsaat auch in Europa eingeführt und die aus ihr gewonnene Mowrahbutter in der Kerzen- und Seifenindustrie verwendet. In größerem Maßstabe findet sie auch Verwendung in der Margarinefabrikation, z. B. in Neuß a. Rh.

Muskatbutter siehe Myristaceenfette.

70. Myristaceenfette.

a) Muskatbutter (Muskatnußbutter) wird aus den Früchten von *Myristica officinalis* L. (= *M. fragrans* Houtt., *M. moschata* Thbg.) gewonnen. Die Früchte, Muskatnüsse (410), werden vom Fruchtfleisch befreit, dann an der Sonne getrocknet und die Kerne nach Aufbrechen der Schale sortiert. Nur die angefaulten und von Insekten angefressenen Nüsse werden zur Fettgewinnung verwendet (411). Die Ausbeute beträgt 24—30 % der Kerne. Die Gewinnung geschieht durch Pressen, oft nach vorherigem Dämpfen. Durch Extraktion wird das Fett wohl nur selten gewonnen.

Äußeres: Farbe gelblich bis rötlich, schmalz- bis talgartige Konsistenz. Unter dem Mikroskop sieht man vorwiegend kugelige Kristallaggregate von Myristin, dazwischen treten Tröpfchen und Körnchen sowie ganze Zellen und Gewebsstücke aus dem Parenchym des Samengewebes auf. Die Zellen sind Träger des Farbstoffes und enthalten sehr regelmäßig gestaltete, aus 4—6 Einzelkörnern bestehende Stärkekörnchen vom Durchmesser 0,02 mm.

Kennzahlen: Diese schwanken in sehr weiten Grenzen. d_{15} = 0,945—0,996, n_{40} = 1,466—1,471, VZ 154—161, JZ 30 bis 60, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 40—50°.

Chemische Zusammensetzung: Die Hauptmenge ist Myristin, daneben ist Olein vorhanden und 4—8 % ätherisches Öl. Die Menge der freien Fettsäuren kann nach Dieterich (412) sehr bedeutend sein. Nach Dieterich hängen die Schwankungen der Zusammensetzung und Kennzahlen von der Konservierung der Nüsse, der Qualität und der Beimischung von ätherischen Ölen ab (413).

Zum Nachweis von Verfälschungen (414) wird 1 Teil Muskatbutter mit 20 bis 25 Teilen Alkohol (95—96 %) gekocht, wobei völlige Lösung eintritt, wenn die Probe rein ist. Das beim Erkalten Ausfallende wird abgesaugt und nach Waschen mit Alkohol und Trocknen auf den Schmelzpunkt geprüft (55°). Talg, Schweinefett, Vaseline erniedrigen, Wachs erhöht den Schmelzpunkt.

Verwendung: In der Pharmazie, auch in der Parfümerie, das kalifornische Muskatöl von *Tumion californicum* ist flüssig [d_{15} = 0,907, VZ 191, JZ 95 (429)].

b) Otobafett, auch amerikanische Muskatbutter genannt, wird aus dem Samen der *Myristica otoba* Humb. in Neu-Granada gepreßt. Die Samen (»Muskatnüsse von Santa Fé«) schmecken wie die Muskatnüsse der *M. fragrans*.

Äußeres: Talgartig, anfangs fast farblos bis gelblich, später bräunlich werdend. Unter dem Mikroskop bietet das Otobafett ein ähnliches Bild wie die Muskatbutter, nur sind die kristallinischen Bestandteile nicht so reichlich. Der Schmelzpunkt liegt bei 38°.

Außer Myristin und wahrscheinlich auch etwas Olein kommt nach dem Be-

fund von E. Uricoechea (415) ein in großen farblosen, geruch- und geschmacklosen Prismen kristallisierender Körper »Otobit« vor, der bei 133° schmilzt.

W. F. Banghmann, G. S. Jamieson und D. H. Brauns fanden neben der Myristinsäure auch Laurinsäure (14 %) und sehr wenig Palmitinsäure. Den Otobit formulieren sie $C_{19}H_{17}O_3 \cdot OCH_3$ (F. P. 137—138°). Das Öl enthielt ätherisches Öl, hauptsächlich Sesquiterpene, unter anderm Cadinen. Das ausgepreßte Otobafett hatte $d_{20/20} = 0{,}929$, $n_{40} = 1{,}471$, VZ 185, JZ 54. Verwendung in Amerika wie Muskatbutter.

c) Bicuhybafett (Ucuhubafett, Urucabafett) (416) ist das Fett der Samen von *Myristica officinalis* Mart. und *Virola bicuhyba* Warb. Die Samen haben etwa 60 % Fett, die Kerne 70 %, getrocknet etwa 73 %. Es wird in Brasilien durch Pressen gewonnen, ist aber auch durch Extraktion erhältlich.

Äußeres: Das gepreßte Fett ist gelbbraun und nach längerem Stehen von einer weißlichen kristallinischen Schicht umgeben, extrahiertes ist hellgelb. Der Geruch ist aromatisch, kakaoartig, der Geschmack salzartig mit gewürzhaftem Nachgeschmack.

Kennzahlen: Spez. Gew. (15°) 0,9120, Schmelzpunkt 42,5—43,0 (39), Erstarrungspunkt 32—33°, Verseifungszahl der Fettsäuren 219—220.

Zusammensetzung: Nach Nördlinger (416) besteht das Bicuhybafett aus Myristin, Olein, geringen Mengen von Harzen (nach Holdt und Bleymann etwa 7 %), sehr wenig ätherischem Öl und freier Säure (Myristinsäure) und etwa 0,1 % eines unverseifbaren, in Äther schwer löslichen Öles.

Mit konz. Schwefelsäure gibt Bicuhybafett eine prachtvolle rote Färbung.

Das Fett ist zu Seifen und zur Kerzenfabrikation verwendbar. Die Seifen sind sehr dunkel, die Frage der Aufhellung der Seifen bedarf noch weiterer Bearbeitung.

d) Ölnußfett (417). Dem vorigen ähnlich ist das »Ölnußfett« aus den Samen der *Myristica surinamensis* Rol. Das Fett ist hart, sehr spröde, fühlt sich wenig fettig an, hat hellgelbbraune Farbe, kristallinische Struktur. Schmelzpunkt 45°. Der Geruch ist schwach, nicht unangenehm. Das Fett, das mit Schwefelsäure die gleiche Reaktion wie Bicuhybafett gibt, besteht aus 87 % Myristin, einem im Gegensatz zu den übrigen Bestandteilen in heißem Alkohol unlöslichen kautschukähnlichen Körper und 6,5 % freier Myristinsäure.

Das Fett ist geeignet zur Herstellung reinen Myristins und reiner Myristinsäure.

Die Preßkuchen sind von Nördlinger (416) untersucht.

e) Virolafett. Das Fett aus den Samen der *Myristica* oder *Virola sebifera*. Das Fett wird seit alten Zeiten nach Aublet (418) in Guayana durch Auskochen der zerkleinerten Samen mit Wasser und Abschöpfen gewonnen. Das geseihte Fett kommt in länglichen viereckigen Stücken in den Handel. Es bildet bei gewöhnlicher Temperatur eine talgartige gelbliche Masse, die sich bei längerem Liegen mit einem perlmutterartig glänzenden kristallinischen Beschlag überzieht. Das Innere der einzelnen Stücke ist häufig bräunlich verfärbt und von punktförmigen Kristallaggregaten durchsetzt. Mikroskopisch erblickt man eine fettige Grundmasse mit einer Unzahl faseriger Kristallaggregate, eine braune feinkörnige Masse und bräunliche parenchymatische Zellen, die neben Fettropfen noch kleine Körnchen führen. Der Geruch erinnert an Muskatbutter, doch wird das Fett leicht ranzig.

Der Schmelzpunkt liegt bei 45—50°. Es löst sich völlig in Äther und Alkohol und zur Hälfte in Ammoniakwasser. Es ist nur teilweise verseifbar (?). Die Dichte bei 15° liegt bei 0,995. Das Virolafett besteht hauptsächlich aus Myristin und Olein und freien Fettsäuren, ätherisches Öl ist nicht vorhanden.

Das Virolafett wird in Amerika, England und Frankreich zur Kerzen- und Seifenfabrikation verwendet. Die Kerzen sollen sich durch angenehmen Geruch beim Brennen auszeichnen.

Das Fett der *Virola venezuelensis* Warb. besteht wie das Ölnußfett (s. oben) fast ausschließlich aus Trimyristin. Es wird in Venezuela als »Cuajo« bezeichnet und dort gegen rheumatische Leiden verwendet. Ein dem Virolafett gleiches Fett liefert nach Heckel (419) die *Virola Micheli* Heckel.

Weniger Bedeutung haben die folgenden Fette von Myristaceen:

f) Kombobutter (420) aus den Samen von *Myristica* (*Pycnanthus*) *kombo* wird am Kongo und am Gabon gewonnen. Das Fett ist rotbraun, fest, aromatisch, nimmt beim Lagern leicht unangenehmen fischigen Geruch an. Es besteht fast ausschließlich aus Trimyristin. Die Verwendbarkeit ist die gleiche wie bei dem folgenden Fett.

g) Ochocobutter. Aus den Samen (Ochoconüsse) von *Scyphocephalium ochoca* (Westküste von Afrika). Die Kerne enthalten nach Lewkowitsch (421) rund 85 % Endosperm, das rund 70 % Fett enthält. Das Fett war weiß. ($d_{60^0} = 0{,}890$, Schmelzpunkt 45—48°, VZ 238.) Da das aus den ganzen Früchten gewonnene Fett braunen gerbstoffhaltigen Farbstoff enthält, der schwer zu entfernen ist, ist die technische Verwendbarkeit gering.

h) Iryaöl (422) aus den Samen von *Myristica irga* Gaertn. (Inseln des Indischen Ozeans) wird besonders in Ceylon wie die Muskatbutter verwendet. Das aus der Rinde gepreßte Öl wird in Ceylon gegen Hautkrankheiten benutzt.

i) Ein der Muskatbutter nahestehendes Fett liefert der Samen der *Coelocaryum Klainii* Pierre (*C. cuneatum* Warb.), am Kongo und in Kamerun vorkommend (423).

k) Macisöl (Muskatblütenöl) aus den Blüten der *Myristica fragrans* extrahiert, hat Schmelzpunkt von 25—31°, VZ 170—190 und nach Schimmel (424) optische Drehung (26°) = + 7°. Es wurde zur Anregung der Darmtätigkeit benutzt und in geringem Maße auch zur Likörfabrikation.

l) Von den Samen der *Myristica angolensis* B. und *Myr. longifolia* Don. (Westafrika) wurde nur der Fettgehalt (60—70%) von Schaedler bestimmt.

m) Kaum untersucht sind die Öle von *Virola guatemalensis* (Hemsel) Warb., Guatemala (425), ferner *Vir. Micheli* Heckel (426), *Myristica argentea* Warb. (427), Neuguinea (Papua- oder lange Muskatnuß), *Gymnacranthera canarica* (King) Warb., Vorderindien bis Philippinen. Das Samenfett wird verwendet (425).

n) *Pycnanthus microcephala* Benth., St.-Thomé. — Die fettreichen Samen werden gleichfalls Ochoconüsse (s. 70, g) genannt (430).

o) *Staudtia kamerunensis* Warbg., Französisch-Kongo, Kamerun. — Das Fett »Staudtiabutter« ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, hat die Farbe des Bienenwachses und besitzt einen eigenartigen aromatischen Geruch und Geschmack.

71. Myrtaceenöl (Guavesamenöl).

Nach A. Azadian (431) enthalten die Samenkerne von *Psidium guave* L., die in Mexiko heimisch, in Ägypten angepflanzt ist, ein Fett. Das extrahierte Fett hatte folgende Eigenschaften: $d_{15}/_{15^0} = 0{,}9124$, n_{15} (?) = 1,463, JZ 131, VZ 197, SZ 0,55. Das Öl riecht angenehm nach Engenol und enthält 0,27% ätherisches Öl. Es enthielt etwa 0,5 % flüchtige Säuren.

Auch die Blätter von Psidiumarten *Psidium guajach, Ps. pyriferum* L., *Ps. pomiferum* L. enthalten ein ähnliches Fett (432).

72. Nigeröl (433).

Unter diesem Namen kommt ein trocknendes Öl in den europäischen Handel, das aus den Früchten der Komposite *Guizotia oleifera* D. C. [*Guizotia abyssinica* (L.) Cass.], einer in Abessinien einheimischen, dort und besonders in Ostindien kultivierten Kompositе gewonnen wird. Die Früchte kommen als Nigersamen, Niger seeds, nach Europa, und werden jetzt in England und Deutschland auf Öl ausgebeutet. Durch Pressen erhält man 35—40 % Öl.

Gewinnung: In Abessinien wird das Öl in primitiver Weise gewonnen, indem man die Samen in Mörsern zerstampft und dann mit Wasser kocht, worauf das oben schwimmende Öl abgeschöpft wird. In Europa gewinnt man das Öl durch Pressen, und zwar wird in Marseille eine Kaltpresse und eine warme Nachpresse ausgeführt, während man in deutschen und österreichischen Fabriken meistens nur eine Pressung bei mäßiger Wärme anwendet.

Das als Speiseöl bestimmte Öl wird dann nach den üblichen Methoden noch raffiniert und geklärt.

Äußere Eigenschaften: Das Öl ist hell- bis dunkelgelb. Der zwar schwache aber charakteristische Geruch wird als thymianähnlich beschrieben.

Kennzahlen (434, 435): Dichte (15/4) 0,9235—0,928, Brechungsindex (40°) um 1,468, Verseifungszahl 189—193, Jodzahl 125—135, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 28—30°. Das Öl selbst erstarrt zwischen — 7 bis — 13°.

Zusammensetzung: Das Öl besteht hauptsächlich aus den Glyzeriden der Linol- und Ölsäure. An festen Fettsäuren wurden Palmitin und Myristinsäure gefunden.

Verwendung: In Ostindien und Abessinien wird Perillaöl als Speiseöl benutzt. In der Seifenindustrie kann es als Leinölersatz verwendet werden. Angeblich soll es auch als Schmiermittel Verwendung finden, doch dürfte diese Verwendung bei einem in so hohem Maße trocknenden Öl kaum ratsam sein. Die Trockenfähigkeit dürfte das Öl als verwendbar in der Lack- und Firnisindustrie erscheinen lassen, doch haben die bisherigen Versuche ergeben, daß die Aufstriche mit Perillaöl dunkler sind als Leinölaufstriche und auch andere Nachteile aufweisen, z. B. lange nachkleben (434).

73. Nußöle.

a) Nußöl wird aus den Samen von *Juglans regia* L. gewonnen. Die frischen Kerne enthalten etwa 50 %, die trockenen 55—65 % Öl.

Zur Gewinnung des Nußöles, die nur in kleinem Umfange und in kleineren Betrieben, besonders in Süddeutschland, Österreich, vorzüglich in Frankreich (Lyon oder Dauphinée) stattfindet, können nur reife Früchte dienen, da die Verwendung unreifer Früchte eine lästige Emulsionsbildung zur Folge hat, die sich nur schwer und unter großen Ölverlusten aufheben läßt. Die Schalen werden zunächst entfernt, dann die Kerne zerquetscht und erst kalt, dann meistens nochmals heiß gepreßt.

Äußeres: Das kaltgepreßte Öl ist von gelblicher, bei guten Ölen nur ganz schwachgelblicher Färbung, bisweilen mit einem grünlichen Schein. Geschmack und Geruch sind charakteristisch, aber angenehm. Das Nachpressenöl ist gelblich grün und wird leicht ranzig.

Kennzahlen: Dichte bei 15° 0,925 bis 0,9265 (0,9238), Brechungsindex bei 25° um 1,480 (1,4740), Verseifungszahl 186—197, Jodzahl 142—152, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 13—16°.

Chemische Zusammensetzung: Nach Hazura und Grüßner (436) besteht die Hauptmenge des Öles aus Glyzeriden der Linolsäure (80% der flüssigen Fettsäuren), ferner Linolensäure (13%) und 7% Ölsäure. Von festen (gesättigten) Fettsäuren finden sich nach Fahrion (437) rund 10 %. Mulder, der den sicher zu hohen Betrag von 30% angab, fand unter anderm Myristin- und Laurinsäure.

Das Nußöl ist ein typisch trocknendes Öl, das dem Mohnöl in seinen Eigenschaften nahe steht, jedoch nicht solche Neigung zum »Frühsprung« aufweist, wenn es auch nach Eibner dem Leinöl in dieser Beziehung nachsteht. Es soll beim Trocknen weniger zum Runzeln neigen als dieses.

Verwendung: Nußöl erster Pressung dient als Speiseöl, besonders in Frankreich, es wurde eine Zeitlang auch in Deutschland von vegetarischen Kreisen sehr propagiert. Ferner dient es zur Herstellung von Künstlerölfarben, besonders für weiße und zarte bunte Farben, zu denen es sich durch seine Helligkeit sehr eignet. Umfangreiche technische Verwendung findet das Öl schon wegen der geringen zur Verfügung stehenden Mengen wohl kaum (438).

Die trockenen Kerne enthalten etwa 60 bis 65% Öl, von dem etwa 10—12% in den Preßlingen verbleiben. Die Preßkuchen dienen als Futtermittel, sie sollen dem Fleisch der Tiere (vornehmlich werden sie für Schweine und Geflügel verwandt) einen unangenehmen Geschmack erteilen. Angeblich sollen sie in den Produktionsgegenden auch zum Teil als menschliches Nahrungsmittel verwendet werden.

b) Das Öl des amerikanischen Nußbaums (*Juglans nigra*) ist von Barthe und Boutineau (439) und von Kleber (440) untersucht worden.

c) Das Öl der japanischen Walnuß (*Juglans Sieboldiana* Max.) wurde von S. Ueno (441) untersucht. Die Öle sind auch dem gewöhnlichen Nußöl ähnlich.

d) Hickoryöl, aus den Samen der zur Gattung Carya (Nordamerika) gehörenden Bäume (*Carya alba* Mich., *Carya illinoensis, C. olivaeformis, C. tomentosa*

usw.), kommt zeitweise als »amerikanisches Nußöl« in den Handel. Es wird in Amerika als Speiseöl, Brennöl und als Heilmittel verwendet (442). Das Öl von *Carya tonkienensis* (Indochina) wurde von G. Clot (443) untersucht. Es dient als Speisefett und zur Seifenherstellung.

Das Öl besteht zum größten Teil aus Glyzeriden der Öl- und Linalsäure und enthält keine Linolensäure (VZ 201, JZ 96,5).

74. Ochnaceenöle.

a) Meniöl oder Niamfett, auch Méniöl, aus den Samen von *Lophira alata* Banks. (Senegambien, Sierra Leone, zentralafrikanisches Seengebiet). Fettgehalt der Früchte etwa 30 %, der Kerne etwa 40 %, halbfestes, gelblichweißes Fett (d_{40} etwa 0,902—0,910, SZ 6—48, VZ etwa 181—195, JZ etwa 68—79, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 42,5°). Das Fett wird als Speise- und Haaröl in der Heimat verwendet (444).

b) Batiputaöl aus den Samen mehrerer *Comphia*-Arten. Ein von de Negri und Fabris untersuchtes Öl war grünlich, von eigentümlichem Geruch. Schmelzpunkt 30—32°, Erstarrungspunkt 26—28°, VZ 212, JZ 51. Es soll zu Speisezwecken verwendet werden.

75. Olacaceenöle.

Ximenia americana L., weit verbreitet in den Tropen, Savannen (Amerika, tropisches Afrika). An der Küste vom ehemaligen Deutsch-Ostafrika führt die Pflanze den Namen Mpingi. Die Samen dienen als mandelartiges Genußmittel. Aus ihnen wird ein Öl (bis zu 66 %) gewonnen, das zu Speisezwecken und zur Seifenfabrikation dient (d_{15} = 0,925, VZ 173—177, JZ 80—85). Das Öl enthält einen kautschukartigen Stoff (445).

Ximenia gabonensis Roxb., an der Westküste Afrikas (Guinea, Gabun usw.), liefert Samen, die ohne das Fruchtfleisch in den Handel kommen und zu 60% aus Kern und 40% aus Schale bestehen. Das extrahierte Öl der Dichte 0,925 (15°) könnte zu Speisezwecken und zur Seifenfabrikation dienen (446).

Ocula edulis Baik, Westafrika. Die Samen geben etwa 30% Öl, das als Tafelöl geeignet ist (447).

76. Oleaceenöle (siehe Olivenöl Nr. 77).

a) Außer dem Olivenöl sind von Oleaceenölen noch bekannt das Tatuöl (448), *Tetrastylidium Engleri* Schw. (Heimat Brasilien). Das Öl wird als dickflüssiges, transparentes, hellbräunliches, geruchloses Öl von bitterem kratzendem Geschmack beschrieben, vom spez. Gewicht (20°) 0,973, ferner

b) das Coulanußöl von *Coula edulis* B. (Westafrika), dessen haselnußartige Steinfrüchte ein gelbes, nicht vollkommen trocknendes, zu Speisezwecken verwendbares Öl enthalten, das bisher keine Bedeutung erhalten hat (449).

c) Eschensamenöl von *Fraxinus spec.* ähnelt nach W. Bach (450) dem Sonnenblumenöl und ist wie dieses trocknend.

77. Olivenöl ist das seit den ältesten Zeiten bekannte Samenöl von *Olea europaea* L. Die Heimat des Ölbaumes ist nicht sicher festgestellt. Er kommt im westlichen Asien wildwachsend vor, doch glaubt man auch in Europa (Andalusien, Griechenland) wilde Ölbäume gefunden zu haben. Bei der alten und ausgedehnten Kultur des Ölbaumes wird es kaum zu entscheiden sein, ob ein wilder Ölbaum als verwildert anzusehen ist oder als einheimisch und ursprünglich. Nach Grisebach (451) ist die Heimat wahrscheinlich Syrien und die anatolische Sandküste, weil die lange Entwicklungsperiode auf eine Heimat hinweist, wo die Winter kurz und milde sind und die dürre Jahreszeit lange andauert.

Wie alt die Kultur des Ölbaumes ist, geht daraus hervor, daß man 1000 v. Chr. schon lange in ganz Griechenland seine Kultur betrieb. Um 680 sollen die Phönikier die Ölbaumkultur nach Gallien verpflanzt haben. Heute wird er in allen Ländern am Mittelmeer gebaut, in Spanien, Portugal, Südfrankreich, Italien, Istrien, Dalmatien, Griechenland, Marokko, Kleinasien, in der Krim, Palästina. In Peru und Chile wird der Ölbaum seit dem 16. Jahrhundert, und in Kalifornien seit dem 18. Jahrhundert kultiviert (452). In Peru finden sich Olivenhaine selbst im sterilen Sandboden der Küstengegenden (453). Mexiko (454), Südkarolina, Florida, auf den Bermudas, Jamaika, in der Kapkolonie, in der Umgebung von Sydney sind Kulturstätten für den Ölbaum.

Die wilde Form des Ölbaums (*Olea europaea* var. *oleaster*) hat kantige dor-

nige Zweige und kleinere Früchte als die kultivierte (*O. europ.* var. *sativa*), die dornenlose runde Zweige aufweist. Zahlreiche Spielarten gehören dieser Form an, die sich im ganzen Habitus, in den Blätterformen und Blüten und im chemischen Charakter des Öles unterscheiden. Duchesne (455) unterscheidet 43 Spielarten. Semler (456) gibt allein 25 in Frankreich und Italien kultivierte Spielarten an. Die wichtigsten Spielarten sind *Ol. europ.* var. *pignola,* die schon im 18. Jahrhundert in der Provence und Genua gezogen wurde und das beste Olivenöl liefert (457), und die besonders in Spanien häufig kultivierte *Ol. europ.* var. *hispanica* mit großen, etwas unangenehm riechenden Früchten, die von allen Arten am ölreichsten sind, deren Öl aber einen schärferen Geschmack aufweist. Über korsikanische Oliven berichtet Sajus (334), daß sie im allgemeinen ölreicher seien, als die im Süden wachsenden. Die Ölgehalte seien 25—37,5, im trockenen Material bis zu etwa 57 %. Es soll ferner nach ihm unrichtig sein, daß der Ölgehalt der Früchte beim Reifen zunimmt, vielmehr handele es sich nur um scheinbare Zunahme infolge Abnahme des Wassergehaltes der Oliven.

Die längliche bis kugelige Frucht ist anfangs grün, wird dann aber dunkel, violettstichig bis fast schwarz. Erst im Stadium der Verfärbung tritt das Öl in den Parenchymzellen des Fruchtfleisches auf, die bis dahin kein Öl, sondern Kohlehydrate u. a. enthielten. Die Größe der Früchte schwankt zwischen etwa $2^1/_2$ bis 4 cm.

Gewinnung des Olivenöles (458): Sobald die reifsten Oliven abzufallen beginnen, werden die reifen Exemplare mit Gerten heruntergeschlagen. Eine Lagerung, wie bei den meisten Ölfrüchten, ist bei den Oliven nicht durchführbar, da sie sonst durch ein in ihnen befindliches Ferment in Gärung übergehen. Eine geringe Gärung läßt man die Oliven aber bisweilen absichtlich erleiden, da sich dann die Ausbeute des allerdings nur zu technischen Zwecken verwendbaren Öles steigert. Früher glaubte man an eine Vermehrung des Öles, tatsächlich ist die Ausbeute nur durch die Erweichung der Zellwände der Früchte höher, das Öl enthält dann erhebliche Mengen freier Fettsäuren. R. Marcille rät, die Oliven in geschlossenen Silos aufzubewahren, da sie dann leichter gären und die Ölausbeute vergrößert wird. Bei geschlossenen Räumen vermehrt sich infolge der Gärung auch der Kohlensäuregehalt der Luft, was für eine Verhinderung der allzureichen Schimmelbildung von Vorteil ist (333). Um gutes Speiseöl zu bekommen, werden die Oliven auf Hürden in dünnen Schichten ausgebreitet und durch häufiges Umschaufeln wird vermieden, daß eine Temperatur von 35°, oberhalb deren die Olease schneller wirkt, überschritten wird. In Mittel- und Oberitalien sind tragbare Hürden, die sogen. »Graticci« in Gebrauch, die aus Rahmen von 2—4 m Länge und 1—2 m Breite mit aus Rohr geflochtenen Böden bestehen. Konservierungsversuche durch Trocknung und durch Behandeln mit Salzwasser und über den Einfluß dieser Verfahren hat Mastbaum (459) angestellt.

Die Oliven werden nach Aussortieren der schlechten Früchte zerkleinert und entweder mit den Kernen zusammen oder bisweilen auch nach Auslesen bzw. Absieben derselben gepreßt. Da das Kernöl sich kaum von dem Öl des Fruchtfleisches unterscheidet (460) (die gleiche JZ und VZ) und die Menge der Kerne nur relativ gering ist, beeinträchtigt das Mitpressen der Kerne das Öl nicht. Bei der ersten Pressung unter einem Druck von 20 bis 50 Atmosphären gewinnt man das sogen. Jungfernöl, das etwa drei Viertel der Gesamtausbeute ausmacht. Unter stärkerem Druck, meistens nach vorgehender weiterer Zerkleinerung unter Zusatz von etwas Wasser, wird dann die zweite Pressung ausgeführt. Selten wird auch eine dritte Nachpresse angewendet. Die noch erheblich ölreichen Rückstände (mit 10—20% Öl) werden entweder extrahiert (das mit Schwefelkohlenstoff extrahierte Öl heißt Sulfuröl, s. a. u.), oder sie werden mit Wasser zu einem Brei vermahlen, und die auf der Oberfläche sich ansammelnden Fruchtfleischreste und Kerne abgeschöpft und nochmals gepreßt (Nachmühlenöl, Lavatöl).

Die Öle außer dem Jungfernöl enthalten erhebliche Mengen einer schwärzlichen Flüssigkeit (Fruchtwasser), die aus Was-

ser, Zellfragmenten, Schleim besteht und auch Olease enthält. Um Zersetzung zu vermeiden, wird das Öl in Holzbehältern, die mit verzinntem Eisenblech beschlagen oder mit Schiefern und Kacheln ausgekleidet sind, zum Absitzen gebracht und schon nach einer Stunde abgeschöpft. Das Absitzen wird durch Bebrausen mit kaltem Wasser gefördert. Das abgeschöpfte Öl wird dann wieder bebraust, um die noch vorhandenen Verunreinigungen abzuscheiden, und diese Operation öfter wiederholt. Auch das zuerst abgesetzte Fruchtwasser läßt man in Zisternen stehen, wobei es in Gärung übergeht und das Öl sich an der Oberfläche sammelt. Dieses nur für technische Zwecke brauchbare Öl wird nach der Bezeichnung der übelriechenden Zisternen als »inferno« (Hölle), als Höllenöl bezeichnet.

Außer diesen Reinigungsverfahren werden die Olivenöle heute auch vielfach filtriert und, um sie kältebeständiger zu machen, »demargariniert«, d. h. es werden die höher schmelzenden Glyzeride durch Abkühlen auf 6—8° zum Auskristallisieren gebracht und dann durch Zentrifugieren entfernt.

Äußeres: Kalt gepreßtes Olivenöl ist dünnflüssig, meist ganz klar oder nur wenig getrübt (besonders frische Öle). Die Farbe ist hellgelb bis goldgelb. Extrahierte Öle sind gelbgrün bis tiefbraungrün. Der Geschmack ist bei den kaltgepreßten Ölen milde und angenehm, übrigens nach Herkunft der Öle und ihrer Herstellung und Reinigung verschieden. Die Öle zweiter Pressung und noch mehr die Nachmühlenöle und Höllenöle haben recht unangenehmen Geschmack und Geruch.

Kennzahlen (461): Je nach Herkunft des Öles und seiner Bereitungsweise schwanken die Kennzahlen nicht unerheblich. Es sollen hier die gewöhnlichen Grenzwerte und die des staatlichen Gesundheitsamtes (Berlin) angegeben werden. Die letzteren sind in Klammern neben die ersten gesetzt: d_{15} = 0,916 bis 0,918 (0,914—0,920), n_{D25} = 1,466 bis 1,480 (1,4654—1,4683), VZ 189—193 (187—196), JZ 80—83 (79,5—88), Schmelzpunkt der Fettsäuren 24—27° (ebenso), Erstarrungspunkt der Fettsäuren 21—24° (21—25°), Erstarrungspunkt des Öles 0—6°.

Nach Sage sind Olivenöle mit weniger als 3 % freier Säure sogar neutralen Mandel- und Aprikosenölen vorzuziehen. Über 3 % können beanstandet werden.

Zusammensetzung: 70% stellen die Glyzeride flüssiger Fettsäuren dar, wesentlich der Ölsäure, daneben 6 % der flüssigen Fettsäuren an Linolsäure (462). Der Rest besteht bis auf geringe unverseifbarer Stoffe aus Glyzeriden fester Fettsäuren, hauptsächlich Palmitinsäure. Holde und Stange (463) fanden auch etwa 1,5 % eines gemischten Glyzerides.

Handelssorten: Man unterscheidet gewöhnlich Speiseöle und Baum- oder Fabriköle. Bei den ersten wird auch feinstes Speiseöl, Jungfernöl von dem gewöhnlichen Speiseöl unterschieden. Das erstere wird meistens aus dem reifen Fruchtfleisch gewonnen, das andere aus gemahlenen Oliven verschiedenen Reifegrades. Die technischen Öle werden auch unterschieden je nach ihrer Verwendung und Herstellung in Brennöle (durch heiße Pressung gewonnen), Nachmühlenöle (s. oben), die meist grün, dickflüssig und von unangenehmem Geruch sind. Bei ruhigem Stehen trennen sie sich in zwei Schichten, deren obere klare als Maschinenöl und als Schmälzöl zum Einfetten von Wolle beim Verspinnen usw. verwendet wird, während die untere trübe als Seifenöl dient. Gute Olivenöle, die zu lange gelagert sind und dadurch reich an freien Fettsäuren sind, werden als Tournantöle bezeichnet; sie dienen als Rohöl zur Herstellung der Türkischrotöle (sulfurierten Öle zu Färbereizwecken). Über die Höllenöle s. oben. Endlich die Satzöle, die die Rückstände aus den Zisternen darstellen und dicke schmutziggelbe Öle darstellen. Die letzten drei Arten werden hauptsächlich zur Seifenfabrikation verwendet.

Die Ausfuhrmengen von Olivenöl waren aus Tunis 1916 27 500 t, 1920 127 000 t; Spanien 1916 207 100 t, 1920 334 000 t; Italien 1916 206 200 t; Amerika 1918 48 000 Gallonen.

Ein dem Olivenöl ähnliches Öl liefern die Früchte der Berberidacee *Berberis Thunbergii* (Japan) nach Neal Mason (328).

Otobafett siehe Myristaceenfette Nr. 70b.

78. Palmenfette und -öle.

a) Palmfett, olea Palmae, Palmbutter, Palmöl, oleum elaidis guineensis.

Die Stammpflanze dieses wichtigen Fettes ist eine im westlichen Afrika einheimische, besonders häufig in Guinea vorkommende Ölpalme *Elaeis guineensis* L. Ihr Verbreitungsbezirk liegt an der Westküste Afrikas in einer 100—300 km breiten Zone von 16° nördlicher Breite bis zu 3—10° südlicher Breite. Von Guinea, wo sie wild wächst, wurde sie

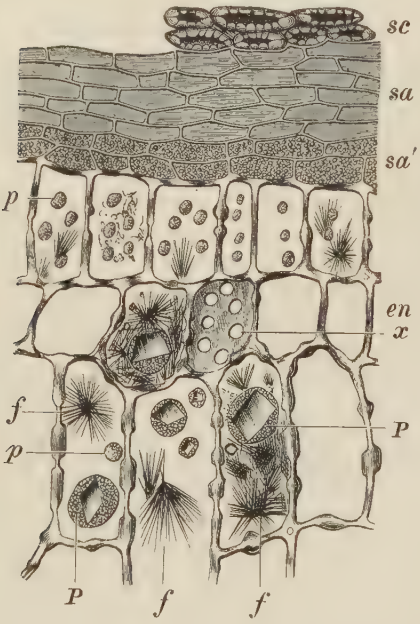


Abb. 10.
Palmkern. Partie eines Querschnitts, mit Jodalkohol u. sehr verd. Schwefelsäure behandelt. *sc* Sklereiden, *sa* Samenhaut mit homogenem, braunem Inhalt; *sa'* die innersten Zellreihen mit hellerem, etwas körnigem Inhalt; *en* Endosperm, bei *x* auch eine Wand von der Fläche mit den großen wie Löcher erscheinenden Tüpfeln. *P* große, *p* kleine Aleuronkörner mit Kristalloideinschlüssen; *f* radiär gebüschelte Kristallnadeln der Fettsäuren. Vergr. 400.

vermutlich nach Westindien und Südamerika gebracht. Eine zweite Elaeisart, *E. melanococca* Gaertn., in Amerika heimisch, liefert gleichfalls Fett, doch in geringen Mengen. Wenn von der Ölpalme schlechtweg gesprochen wird, so meint man stets *E. guineensis*, die wichtigste Nutzpflanze der Waldregion von West- und Zentralafrika (464). Die Ölpalme tritt innerhalb ihres Verbreitungsbezirkes in mehreren Varietäten und zahlreichen Sorten auf, welche nach dem Lande verschiedene lokale Namen führen und sich neben anderen Merkmalen auch noch durch den Ölgehalt sowie durch die Härte der den Kern einschließenden Samenschale (Abb. 10, 11) voneinander unterscheiden (465). Man hat versucht und versucht noch heute, die Ölpalmen außer in Afrika auch in anderen Weltteilen zu kultivieren, in Südamerika z. B. in der Provinz Amazonas, in Brasilien (466), in Westindien (467), auf Java, Nordborneo (468), der malaiischen Halbinsel, auf Neu-Guinea (469). Die Versuchsergebnisse der Plantagenwirtschaft sind aber heute noch gering, sie werden erst dann ausschlaggebend sein, wenn die (465) erwähnte botanische Frage endgültig gelöst sein wird. Über die aussichtsreiche Kultur der afrikanischen Palme aus Ceylon siehe (484). Bezüglich der Ölpalmen hat Rutgers (485) festgestellt, daß die Hektarerträge in Ostsumatra die der Kokospflanzungen bedeutend übertreffen, daß die Ölpalme also produktiver ist.

Das Palmöl ist gegenwärtig das unter den Pflanzenfetten am stärksten industriell verwertete. Seit es in England in ausgedehntem Maßstabe in der Seifen- und Kerzenfabrikation Anwendung gefunden hat, bürgerte sich sein Gebrauch auch in der Industrie der übrigen Länder Europas ein und seit Mitte des neunzehnten Jahrhunderts zählt es zu den wichtigsten Handelsartikeln, die Europa aus den Tropengegenden bezieht. Westafrika exportierte nach Europa im Jahre 1907 etwa 100 000 t Palmöl im Werte von 36 125 000 Mark; hierzu kommen noch die Palmkerne (Samenkerne), von denen aus demselben Produktionsgebiete nach Soskin (469a) 1907 rund 220 000 t mit einem Werte von 53 625 000 Mark ausgeführt wurden. Die Palmkerne galten bis gegen Mitte des vorigen Jahrhunderts als wertloser Abfall. 1911 kamen etwa 1,3 Millionen Meterzentner in den Welthandel (470). Im Handel Europas ist das Palmfett allerdings schon lange bekannt, und hier kennt man schon seit dem 18. Jahrhundert seine Abstammung, Herkunft und Bereitungsweise (471).

Der Sitz des Fettes ist die fleischige Fruchthülle, in deren Zellen es in Form von Tropfen oder Klumpen vorkommt. Auch in dem starren Gewebe des Sameneiweißes (Palmkerne) findet sich ein Fett vor (Palmkernöl).

Die Frucht von *Elaeis guineensis* ist

pflaumenförmig von Taubeneigröße, 2,5 cm lang, gelb, braun oder dunkelrot gefärbt, fettig glänzend und hat die Konsistenz einer Olive. Die Früchte stehen an den Traubenfruchtständen so dicht nebeneinander, daß sie sich durch gegenseitigen Druck polyedrisch abgrenzen. In einem Fruchtstand befinden sich 800—1000 Früchte, doch wurden auch Fruchtstände mit 1500 Früchten beobachtet. Die Früchte keilen sich gegenseitig so stark ein, daß es schwer ist, eine Frucht mitten aus dem Fruchtstande herauszunehmen. Schneidet man hingegen die obersten Früchte weg, so ist es leicht, jede einzelne Frucht vom Stiele abzulösen. Ein Traubenfruchtstand hat ein Gewicht von 20—30, zuweilen selbst 50 kg.

Gewinnung: Die Gewinnung des Palmöls geschieht in den Produktionsländern der Früchte. Neben der jetzt immer mehr überwiegenden maschinellen Gewinnungsart wird auch heute noch in größerem Maßstabe Öl nach der früher ausschließlich betriebenen primitiven Methode gewonnen (472). Die Früchte werden bei dieser teils ohne Vorbereitung, teils nach Durchschneiden in Gruben geworfen oder auch nur in Haufen vereinigt. Durch die nun eintretende Gärung wird das fest an den Kernen haftende Fruchtfleisch gelockert. Es wird sodann von den Kernen getrennt und nach Zerquetschen mit Wasser ausgekocht, wobei sich das Öl, vermengt mit Fasern, an der Oberfläche ansammelt. Das abgeschöpfte Öl wird durch Filtration über feine Korbsiebe, durch wiederholtes Schmelzen und Filtrieren gereinigt.

Die Loandoneger erwärmen die Früchte, stampfen sie dann zu einem Teig, entfernen die Kerne aus der Masse und pressen diese dann in einem aus rohen Stricken gefertigten Beutel aus.

Interessant ist die primitive »Nachpresse«, durch die aus der so ausgepreßten Masse noch eine weitere Quantität Öl gewonnen wird, indem die Preßrückstände erwärmt und nach Vermischen mit heißen faustgroßen Steinen nochmals gepreßt werden (473).

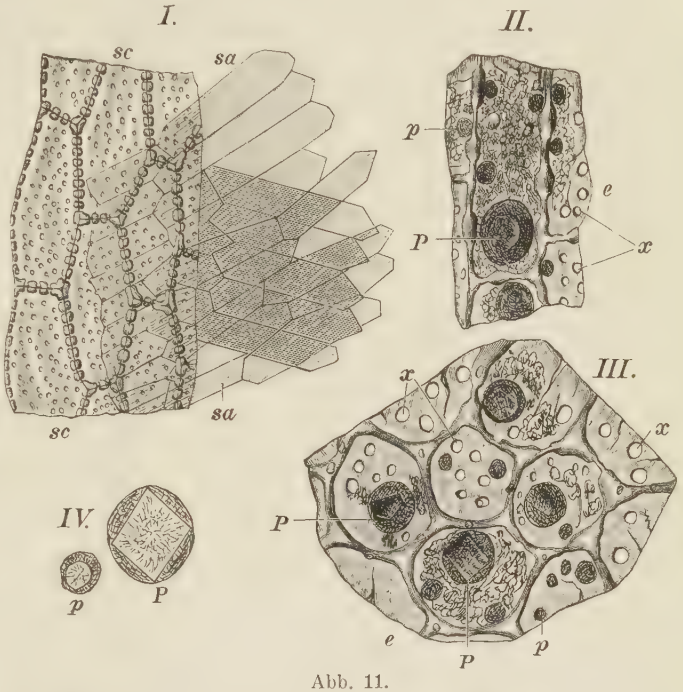


Abb. 11.
Palmkern. *I* Schalenelemente von der Fläche. *sc* Sklereiden, *sa* Samenschale. *II* u. *III* Stücke des Endosperms (aus dem Palmkernkuchen, *II* Längsansicht, *III* Aufsicht der Zellen; Bezeichnung wie in Abb. 10; *e* Endospermzellen). *IV* Einzelne Aleuronkörner *P* und *p* sind Kristalloiden. Vergr. 400.

Die Schälung des Fruchtfleisches und die Entkernung auf maschinellem Wege machte anfangs bedeutende Schwierigkeiten, die zuerst von der Fa. Friedrich Haake in Berlin, und zwar erst im Jahre 1902 bei einem Preisausschreiben gelöst wurden. Die Ölausbeute konnte dadurch gegenüber den primitiven Verfahren auf das Dreifache gesteigert werden. Die ersten Maschinen arbeiteten, wie die primitiven, auf nassem Wege und stellten gewissermaßen eine Vervollkommnung dieser Methoden dar. Dabei wurde auch ein Öl erhalten, das erhebliche Mengen freier Fettsäuren enthielt (etwa 12 %). Da man aber für die Verwendung zu Speisezwecken einen möglichst geringen Gehalt

an freien Fettsäuren wünscht (nicht über 8 %), bildete die gleiche Firma ein Trockenschälverfahren aus, bei dem ein Palmöl mit nur 4—5 % freien Fettsäuren erhalten wurde.

Ohne Schälung arbeitet ein Verfahren von Fournier und ein älteres Verfahren von K. Loens-Hamburg, bei dem das Preßgut mit Wasserdampf behandelt wird, um die fettspaltenden Fermente zu inaktivieren und so die Bildung größerer Mengen freier Fettsäuren zu unterbinden.

Es sei hier gleich gesagt, daß kaum ein anderes Öl so zur Abspaltung freier Fettsäuren neigt, wie das Palmöl. Nach Angaben von Balland (474) waren aus den Lebensmittelmagazinen der französischen Kolonialtruppen entnommene Proben schon nach wenigen Monaten unbrauchbar durch die hohen Fettsäuregehalte, die bis zu 75 % stiegen.

Äußere Eigenschaften: Frisches Palmöl ist dunkelgelb bis gelbrot, von eigenartigem Geruch und süßlichem Geschmack. Durch Einwirkung der Luft wird es heller, aber gleichzeitig ranzig.

Die Konsistenz wechselt außerordentlich und ist abhängig von Gewinnungsart und Alter, besonders durch den Gehalt an freien Fettsäuren. Fettsäurearmes Palmöl ist bei Zimmertemperatur schmalzartig weich, fettsäurereiches bisweilen fest. Der Schmelzpunkt liegt etwa zwischen 27 und 42°. Unter dem Mikroskop sind in der öligen Grundmasse die Kristallnadeln der freien Fettsäuren erkennbar.

Die Bleichung des Palmöls wird auf verschiedenen Wegen ausgeübt. Vielfach wird das Verfahren von Körting ausgeübt, nach dem das Öl mit Luft geblasen wird; ferner werden, wie bei der Leinölbleichung (s. Nr. 53) Bleicherden angewendet (475). Endlich wird auch durch Behandeln mittels Bichromat und Schwefelsäure die Bleichung vollzogen.

Kennzahlen des Palmöles: Dichte bei 15° = 0,912—0,948 (je mehr freie Fettsäure, desto niedriger), Brechungsindex bei 60° etwa 1,451, Verseifungszahl 195 bis 210, Jodzahl 40—60, Erstarrungspunkt der Fettsäuren siehe Handelssorten.

Chemische Zusammensetzung: Die Hauptmenge der Fettsäure besteht aus Palmitinsäure und Ölsäure. Nach Benedikt und Hazura soll auch eine geringe Menge Linolsäure zugegen sein (476) und nach Nördlinger auch etwa 1 % Stearinsäure (477) und höhermolekulare Säuren.

Über das Öl der Varietät rapanda berichtet A. Hébert, daß sein Genuß bisweilen Kopfschmerzen erzeugt und brechenerregend wirkt (478) und schließt daraus auf die Anwesenheit eines Giftstoffes, dessen Natur aber noch unbekannt ist.

Die Menge der freien Säure ist bei diesem Öle vielfach höher als bei irgendeinem anderen. Die Ursache bildet die Anwesenheit eines starken lipolytischen Fermentes in dem Fruchtfleisch. Je länger das Öl mit dem Fleisch in Berührung ist, desto mehr äußert sich die Fermentwirkung; ebenso steigern Wärme und Feuchtigkeit die Wirkung des Fermentes, so daß oft 40 % und mehr, ja sogar gelegentlich die gesamte Menge der Fettsäuren in freiem Zustande zugegen ist.

Das Palmöl enthält ferner ein durch stärkeres Erhitzen zerstörbares »Lipochrom«. Auf dessen Vorhandensein gründen sich einige Farbenreaktionen des Öles. So wird beim Schütteln des Öles oder besser einer Lösung desselben in Chloroform mit konz. Schwefelsäure eine blaugrüne Färbung hervorgerufen. Geschmolzenes Palmöl mit Zinkchlorid verrührt färbt sich dunkelgrün.

Für frisches Öl soll auch die Reaktion von Bellier charakteristisch sein: Gleiche Teile einer kalt gesättigten Lösung von Resorzin in Benzol und einer Lösung von Palmöl in Benzol geben beim Schütteln mit dem gleichen Volumen Salpetersäure (d = 1,4) Violettfärbung (479).

Verwendung: Die Hauptverwendung findet Palmöl in der Seifen- und Kerzenindustrie. Zur Herstellung von Speisefetten kann nur gut entsäuertes und geruchfreies Palmöl Verwendung finden. Eine eigenartige Verwendung findet das Palmöl in der Feuerverzinnerei, bei der man die gesäuberten Eisenbleche, um sie völlig rostfrei und blank für das Verzinnen zu erhalten, in geschmolzenes Palmfett taucht. In Afrika dient das Palmöl als Speisefett, zum Einreiben des Körpers und als Heilmittel bei den Eingeborenen.

Handelssorten: Häufig werden die Palmöle nach ihrer Herkunft gekennzeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch nicht streng durchgeführt und wird oft nur gewählt, um bei dem Produkt gewisse Eigenschaften zu kennzeichnen, ist also mehr eine Qualitäts- als eine wirkliche Herkunftsbezeichnung. So wird die Bezeichnung »Lagosöl« nicht nur für wirkliches Lagosöl angewendet, sondern auch für solches Palmöl, das leicht bleichbar ist. Die Sorten unterscheiden sich auch zum Teil durch verschiedenen Schmutzgehalt, wie auch durch den verschiedenen Erstarrungspunkt (Titer) der Fettsäuren. Einigere wichtigere Sorten sind:

	Wasser und Schmutz	Titer
Lagos	1—2 %	45—46
Calabar	1—3 %	44,5—46,5
Benin	1,5—3 %	45—46,5
Kamerun	1,5—3,5 %	45,5—47
Kongo	1,5—3,5 %	46—49
Saltpond	5—14 %	46—48,5
Iddah	3—5 %	44—46
Sherbo	3—8 %	42—44
Liberia	1—4 %	42—44
Half Jack	2—5 %	39—41,5

Der Handelswert hängt vor allem von dem Gehalt an Schmutz und Wasser ab und dem Titer. Schmutz und Wasser sollen 2 % nicht übersteigen. Bei höherem Gehalt werden entsprechende Abzüge gemacht; solche Ware gilt als minderwertig.

Anhang: Brasilianische Ölsaaten verschiedener Art wurden ausführlich von E. R. Bolton und Heuer untersucht (480) und tabellarisch aufgezeichnet.

Über gehärtete Palmfette berichtete J. R. N. van Kreyten (481), der die Konstanten der Hartfette, gewonnen durch Wasserstoffbehandlung mit Nickelkatalysator, bestimmte und tabellarisch bezeichnete.

Über das eingangs genannte Öl der *Elaeis melanococca* wird berichtet, daß das Perikarp dieser Frucht der südamerikanischen Nolipalme 29 % Öl enthält, während der Gehalt der Kerne 45 % ist (482). Die Öle entsprechen denen der Guinea-Palme.

Von *Elaeis nigrescens, E. virescens, E. sempernigra, E. pisifera* wurden die Ölausbeuten von A. Hébert bestimmt. Sie ließen sich als Nahrungsfette benutzen. *E. rapanda* dagegen enthält einen Übelkeit erregenden Giftstoff (483).

b) Kokosnußfett. Die fast über alle Küstenländer der Tropenwelt in einer großen Zahl von Abarten verbreitete Kokospalme, *Cocos nucifera* L., wird in den meisten Gegenden, wo sie vorkommt, auf Kokosnußfett ausgebeutet. Diese Palme ist unter allen Arten der ganzen Familie unstreitig die wichtigste wegen der vielseitigen Verwendbarkeit aller ihrer Teile.

Sie wird deshalb auch in allen heißen Erdteilen kultiviert. Es empfiehlt sich das auch deshalb, weil sie schon (im Gegensatz zu den meisten anderen Palmen) vom sechsten, spätestens vom zwölften Jahre an und zu allen Jahreszeiten Frucht trägt. Die größten Quantitäten dieses für die europäische Industrie dem Palmfett an Wichtigkeit zunächststehendes Pflanzenfettes kommen aus Indien und den umliegenden Inseln, namentlich Ceylon, doch stellen auch Südamerika, Westindien und Senegal bedeutende Quantitäten dieses Fettes in den Handel. Um nur von den französischen Kolonien zu reden, wird Kokosnußöl erzeugt auf Martinique, Réunion, Tahiti, in Französisch-Guayana, Französisch-Indien und Neukaledonien (493). Auf Ceylon gibt es nach Tschirch große Wälder von Kokospalmen. Die Mengen von Kokosnußöl, welche in der europäischen Industrie verarbeitet werden, sind ganz bedeutende. Der größere Teil dieses Fettes wird aber nicht als Öl nach Europa importiert, sondern dort erst aus den eingeführten getrockneten Fruchtkernen gewonnen. (Siehe unten bei Besprechung der Kopra.) Nach einer Mitteilung im Tropenpflanzer (1920, 28) nimmt die Kokosnußölbereitung in den Produktionsländern immer mehr zu.

Die Haupterzeugung des Kokosfettes geschieht auf den Philippinen, Indien und dem Archipel. Die Gewinnung geschieht ausschließlich aus der Kopra, d. i. dem Kernfleisch (Endosperm) der Kokosnüsse. Diese werden durch besondere Maschinen zerschlagen, und darauf wird die Faserdecke entfernt. Das so von der Schale befreite Kernfleisch wird dann an der Luft oder in Rösttrommeln getrocknet. Dies ist notwendig, weil sonst, ebenso wie beim Palmöl (s. Nr. 78 a) eine weitgehende Abspaltung freier Fettsäuren eintreten würde, die das Fett minderwertig machen würden.

Dem Trocknen der Kopra und der Behandlung zur Verhütung von Schimmeln ist bei der großen Bedeutung des Kokosfettes denn auch viel Arbeit gewidmet worden. Nach Alvin J. Cox (486) treten bei unsorgfältiger Behandlung der Kopra durch Schimmeln große Verluste ein. Die Pilze, die die Kopra befallen, wurden als *Penicillium glaucum, Aspergillus flavus* Link, *Asperg. niger* und *Rhizopus* Sp. bestimmt (488). Schwefeln der Kopra hat sich nach ihm als gutes Schutzmittel bewährt. Das Schwefeln geschieht durch Verbrennen von Schwefel in den Stapelräumen. Aus der so behandelten Kopra wird ein praktisch farbloses nicht ranziges Öl gewonnen. Besondere Sorgfalt ist nach Cox auch dem Wassergehalt der Kopra zu widmen, der je nach den örtlichen Verhältnissen auf den Philippinen verschieden ist.

Etwas weniger günstig über das Schwefeln äußern sich A. H. Wells und G. A. Perkins (487), die die Schutzfrist durch die Schwefelung nur auf etwa einen Monat angeben. Das Schwefeln soll bald nach dem Öffnen der Nüsse angewendet werden in Verbindung mit dem Trocknen an der Sonne. Der guten Trocknung legen sie dagegen den größten Wert bei, da eine einmal gut getrocknete Kopra bei trockener Aufbewahrung nicht mehr schimmle.

Über die Ranzigkeit und Verfahren zur Gewinnung eines reinen Kokosöles machen ferner Harvey C. Bril, Harrison O. Parker und Harry S. Yates ausführliche Angaben (488). Letztere geben an, daß auf 6 % Wasser getrocknete Kopra in mit Wasserdampf gesättigter Atmosphäre wieder schimmeln könne.

Sowohl in den Ursprungsländern, wie in den Importländern wird das Kokosnußöl nur aus dieser Kopra gewonnen. Ausnahmen bildet die primitive Gewinnung auf Tahiti, wo die zerquetschten Samen in mit Löchern versehenen Trögen der Sonne ausgesetzt werden und das abfließende Öl in untergestellten Gefäßen gesammelt und in Bambusröhren auf den Markt gebracht wird.

In den Ursprungsländern wird, ähnlich wie beim Palmöl, teilweise auch heute noch durch Auskochen der zerstoßenen Kerne, auch mit Hilfe primitiver Mühlen und Keilpressen, Kokosfett gewonnen.

Die fabrikatorische Gewinnung wurde zuerst von Gaiser in Harburg 1868 vorgenommen. Man verfährt heute so, daß man die Kopra auf Brechmaschinen, Schneidemaschinen oder auch in Schlagkreuzmühlen zerkleinert und das zerkleinerte Material dann bei etwa 50° einer einmaligen scharfen Pressung unterwirft. Doch wird auch zuweilen doppelte Pressung angewendet. Die Extraktion dürfte sich noch wenig eingebürgert haben. Über die Wirkung der einzelnen Extraktionsmittel machen A. P. West und I. M. Felisiano Mitteilungen (489). Äther, Tetrachlorkohlenstoff und Benzin geben ungefähr die gleiche Ausbeute an Fett. Azeton, Petroläther und Chloroform lösen noch Nebenbestandteile außer dem Fett mit auf, die in noch größerem Maße durch Alkohol, wie auch Methylalkohol extrahiert werden.

Das Kokosöl wird vielfach noch einer Filtration unterworfen, sowie einer Bleichung durch Behandlung mit Bleicherden. Soll es als Speisefett dienen, so muß der scharfe Geschmack beseitigt werden, der im wesentlichen auf einen Gehalt an Alkaloid zurückgeführt wird. Das Kokosöl wird zu diesem Zwecke mit Wasserdampf behandelt. Der scharfe Geruch und Geschmack des Rohfettes wird dadurch milde und angenehm schwach nußartig.

Äußere Eigenschaften: Das Kokosfett ist in rohem Zustande gelblich bis hellgelb. Bei doppelter Pressung ist das Öl zweiter Pressung wesentlich dunkler. Gereinigt ist das Kokosfett rein weiß bis höchstens schwach gelblich.

Die Konsistenz ist bei Zimmertemperatur etwa die der Butter. Der Schmelzpunkt liegt etwa zwischen 20—28°.

Kennzahlen: Das spezifische Gewicht beträgt bei 15,5° (Wasser von 15,5° = 1) etwa 0,926, bei 40° (gleiche Einheit) 0,9115.

Der Brechungsexponent ist bei 40° = etwa, 1,4475—1,4495 (33—36 Skalenteile des Zeißschen Butterrefraktometers). Der Erstarrungspunkt wird zu 14—20°, auch bis zu 23° angegeben, während der Schmelzpunkt im allgemeinen bei 23—26° liegt (s. a. oben). Die Verseifungszahl ist etwa 253—268, im allgemeinen dicht bei 260. Die Jodzahl bewegt sich in engen Grenzen, etwa 8—10. Höhere

Werte deuten, wenn nicht Verfälschung mit fremden Ölen vorliegt, darauf hin, daß außer der Kopra auch die Schalen mitgepreßt wurden, da das Öl aus den Schalen eine Jodzahl von etwa 40 aufweist (490).

Die Kokosölfettsäuren haben einen Erstarrungspunkt (sog. Titer) von etwa 22—25°.

An freien Fettsäuren finden sich in besseren Sorten im Rohfett nur etwa 2 %, selten bis zu 5 %, bei gut raffinierten auch unter 1 %.

Chemische Zusammensetzung: Nach Paulmyer (491) bestehen die Fettsäuren des Kokosöles aus etwa 40% Laurinsäure, 24% Myristinsäure, 10 % Palmitinsäure, 5 % Ölsäure. Ferner sind an niederen Fettsäuren hauptsächlich Kaprinsäure (etwa 20 %) vorhanden und je etwa ¼ % Kapryl- und Kapronsäure. Die Glyzeride sind im wesentlichen gemischte Glyzeride, und zwar nach A. Böhmer hauptsächlich das drei verschiedene Säureradikale an einem Glyzerinrest tragende Kapryllauromyristin (s. auch A, V.), dessen Schmelzpunkt 13—15° ist. Neben diesem etwa 75 % des Fettes betragenden Bestandteil ist noch Myristodilaurin (Schmelzpunkt 33°), Laurodimyristin (Schmelzpunkt 37—38°) und Palmitodimyristin (Schmelzpunkt 45°) vorhanden (492).

Verwendung: Das Kokosnußöl war allerdings schon im 18. Jahrhundert in Europa bekannt, fand aber damals noch keine Verwendung. Erst seit den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts hat es sich zu jener industriellen Bedeutung, welche ihm gegenwärtig zukommt, aufgeschwungen. Bei den Küstenbewohnern der Tropen steht dieses Fett schon seit alter Zeit als wichtigstes Speisefett und zu ärztlichem Gebrauche in Verwendung.

Die Hauptmenge des Kokosöles geht in die Speisefettfabrikation. Zu diesem Zwecke wird das Öl durch Behandeln mit Alkalien oder Erdalkalien völlig neutralisiert. Die gebildeten Seifen werden dann abgetrennt und durch Säure zersetzt, wobei man die »Kokosfettsäure« des Handels erhält, die neben der freien Fettsäure aber stets noch etwas unzersetzte Seife, wie auch etwas Neutralfett enthält. Das gereinigte Fett dient meistens unmittelbar als Speisefett bzw. Bratfett (Palmin, Palmona u. a. m.). Dazu ist eine mechanische Bearbeitung erforderlich; auch wird oft ein kleiner Zusatz von Ölen, z. B. Sesamöl gemacht. Rotella z. B. ist ein Kokosfett mit 15 % Arachisöl oder anderen Speiseölen.

Ein weiterer erheblicher Teil der Produktion geht auch in die Seifen- und Stearinindustrie über. In letzterer wird das Öl geschmolzen, dann wieder gekühlt und gepreßt, um die schwerer schmelzenden Glyzeride, das sogenannte »Kokosnußstearin« zu gewinnen. Die Ausbeute an diesem beträgt, je nachdem man weicheres oder härteres herstellt, etwa 40 bzw. 30 %.

In der Seifenindustrie dienen das Kokosfett, sowie die oben erwähnten Kokosnußfettsäuren zur Herstellung von Leim- und Halbkernseifen, da beim Aussalzen zur Herstellung von Kernseifen die Ausbeuten schlechter würden infolge der Anwesenheit der nicht aussalzbaren niederen Fettsäuren. Den Kokosfettseifen ist die Eigenschaft eigentümlich, eine große Menge Wasser binden zu können, ohne daß die Konsistenz wesentlich leidet. Durch diese Eigenschaft lassen sich mit Hilfe der Kokosfettseifen gefüllte Seifen herstellen, bei denen flüssige Füllmittel verwendet werden können.

Das Kokoßnußstearin dient auch als Ersatz für Kakaobutter.

In den Tropen wird das Kokosöl auch als Brennöl, Salbenfett u. dgl. verwendet.

Mit dem Namen »desiccated capta«, »geraspelte Kokosnuß«, »coprah desséchée« (493) bezeichnet man aus den weichen Kernen frischer, reifer Kokosnüsse mittels einer Maschine hergestellte dünne Schnitzel, welche häufig mit Zucker überstreut und durchmischt, in einem Trockenapparat vorsichtig getrocknet werden und in Konditoreien einen Ersatz für Mandeln und Nüsse bilden.

Statistik: Die Einfuhr von Kopra nach Deutschland betrug aus

	1913	1921
Brit.-West-Afrika . . .	507 t	1 313 t
Brit.-Indien usw. . . .	53 392 t	8 905 t
Brit.-Malakka usw. . . .	3 667 t	450 t
Ceylon	27 625 t	3 197 t
Niederl.-Indien usw. . .	81 009 t	104 718 t
Philippinen usw. . . .	12 905 t	2 820 t
Ehem. Deutsch-Australien	7 324 t	1 147 t

Dieser Einfuhr (insgesamt 196 598 t) stand 1913 eine Ausfuhr von insgesamt

658 t gegenüber, während 1921 nichts ausgeführt wurde. Für Kokosnußöl, das zum Genuß nicht geeignet ist, betrug die Einfuhr 1913 insgesamt 594 t, 1921 dagegen 21 110 t. Die Zahlen für die Ausfuhr betrugen 1913 24 876 t und 1921 nur 215 t, von denen auf Großbritannien 20 187 t für 1913 und 0 t für 1921 entfielen. Deutschland ist also für Kokosnußöl aus einem Export- ein Importland geworden. Auf Ceylon wurden 1922 1 686 778 Ztr. Kopra und 554 436 Ztr. Kokosöl gewonnen.

c) Palmkernöl. Palmkernöl wird aus den Samenkernen der *Elaeis guineensis* und *E. melanococca* (s. Palmöl Nr. 78 a) gewonnen. Es ist durchaus verschieden von dem Palmöl oder Palmfett, das aus dem (getrockneten) Fruchtfleisch gewonnen wird. Das Palmkernöl wird auch im Gegensatz zum Palmöl nur wenig an Ort und Stelle gewonnen und meistens auch dann nur dort verbraucht. Die Gewinnung geschieht dann, indem die Kerne geröstet, zerstoßen und mit Wasser gekocht werden, worauf man das Öl von der Oberfläche abschöpft.

Die industrielle Gewinnung (494) datiert erst seit etwa 60 Jahren. Anfangs wurde die übliche doppelte Pressung ausgeübt, doch wird heute meistens nach dem Vorgange der Thörlschen Fabriken (Harburg) nur einfache Pressung nach besonderem Verfahren angewendet, durch die die gleiche Ausbeute an Öl erzielt wird, wie nach der üblichen Doppelpressung. Es verbleiben nur 5—6 % Fett in den Preßkuchen. Auch durch Extraktion wird das Palmkernfett häufig gewonnen, sowohl in Deutschland, wie auch in Frankreich (Marseille) und England.

Äußere Eigenschaften: Das extrahierte Palmkernöl ist weiß, das gepreßte meist schwach gelblich oder grau. Das Aussehen ist grießlig, körnig, der Geruch ist bei den gepreßten Ölen angenehm, bei den extrahierten Ölen bisweilen mit einem unangenehmen Beigeschmack behaftet. Das Palmkernfett ähnelt außerordentlich dem Kokosfett, von dem es auch chemisch nur sehr schwer zu unterscheiden ist (497).

Kennzahlen: Spez. Gewicht bei 15° 0,941—0,952, Brechungsexponent bei 40° 1,449—1,450, Brechungsexponent bei 60° etwa 1,443, Verseifungszahl 240—250, Jodzahl 10—20, Schmelzpunkt 23—28, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 20—26.

Chemische Zusammensetzung: Nach den Angaben von Elsdon (495) enthält das Palmkernfett vor allem Laurinsäure (55%), ferner Myristinsäure (12%), Palmitinsäure (7%), Stearinsäure (4%). Ferner sind in reichem Maße »niedrige« Fettsäuren vorhanden, nämlich Kaprin- und Kaprylsäure (je etwa 5%) und etwa 2% Kapronsäure. Die Menge der Ölsäure, die neben den gesättigten Fettsäuren zugegen ist, wird verschieden angegeben. Nach der Jodzahl müßte sie etwa zwischen 10 und 20% schwanken. Die Fettsäuren sind größtenteils als gemischte Glyzeride vorhanden. In freiem Zustande sind minimal 3%, maximal etwa 15% zugegen. So fanden A. Bömer und K. Schneider Myristodilaurin, Laurodimyristin, Palmitodimyristin, Kaprylmyristooleïn (498). Die freien Säuren lassen sich nach Stiepel abdestillieren, ohne daß die Glyzeride zersetzt werden (496).

Verwendung: Palmkernfett wird wie Kokosfett benutzt. Hauptsächlich geht es in die Seifenfabrikation. Nach Stiepel (496) eignen sich besonders die abdestillierten Säuren (s. o.) dafür. Die Anwendung geschieht bei der Herstellung der sogen. Halbkernseifen und der Leimseifen, da die große Menge der niederen Fettsäuren bei der Aussalzung von Kernseifen verloren gehen würde. Die Seifen zeichnen sich, wie die des Kokosfettes, durch großes Wasserbindungsvermögen aus. Wenn auch das Geruchlos- und Geschmacklosmachen schwerer ist als beim Kokosnußöl, wird doch das Palmkernfett in immer steigendem Maße in der Speisefettfabrikation benutzt. Auch zu Salben gegen Frostbeulen und Gicht wurde Palmkernöl benutzt.

Die Rückstände der Ölgewinnung finden Verwendung als wertvolles Futtermittel. Man unterscheidet Palmkernkuchen (Preßrückstände) und Palmkernschrot bzw. Palmkernmehl (die Rückstände der Extraktion).

Statistik: Der Export aus Westafrika betrug 1907 etwa 220 000 Tonnen Palmkerne. Die folgende kleine Übersicht ergibt die ungeheure Zunahme der Erzeugung, da nahezu die gleiche Menge

1913 allein in Deutschland importiert wurde. 1921 betrug die Einfuhr von Palmkernen nach Deutschland 41 127 t gegenüber 235 921 t im Jahre 1913. Davon stammten 24 682 t bzw. 206 145 t aus Brit.-Westafrika, 5959 t bzw. 331 t aus Belg.-Kongo. Das ehemalige Deutsch-Togo lieferte 1913 die stattliche Menge von 13 599 t, während Deutschland 1921 nichts von dort bezog, dagegen tauchen 1921 Brit.- und Niederländ.-Indien mit 5148 t als Quellen für den Import nach Deutschland auf, die 1913 nichts geliefert hatten. Der Rest der deutschen Einfuhr wird vom britischen Südafrika, britischen und französischen Westafrika und dem ehemaligen deutschen Kamerun bestritten.

Von anderen Palmfette liefernden Pflanzen seien noch aufgeführt:

d) *Cocos butyracea* L. (= *Elaeis but.* Kunth.), Heimat Brasilien, soll einen Teil des käuflichen Kokosnußfettes liefern (499).

e) *Attalea Cohune* Mart., Heimat Honduras liefert das Cohuneöl (500). Die Pflanze liefert jährlich eine Ernte mit gewöhnlich 700—800 hühnereigroßen Früchten. Das Fett erstarrt bei 24°. Das palmölartige, nahrhafte und gut verdauliche Fett wird in Amerika als Kokosbutterersatz verwendet (501). Es wird auch als Cerojeöl bezeichnet. Als Cohune-Palmkerne werden nicht die eigentlichen Kerne, sondern die ganzen Früchte verstanden. Diese dienen nach Tunmann (502) auch zur Verfälschung von Jalapeharz.

f) Dem Cohuneöl sehr ähnlich ist das Öl der *Attalea spectabilis* (Curua-Palme). Das Fett, Curua-Palmöl, ist weich, dunkel, angenehm riechend, dem Palmkernöl ähnlich. Die Frucht besteht aus 12,5 % Perikarp, 71,3 % Steinschale und 13,2 % öllieferndem Kern (503).

g) Das Öl der *A. spectabilis* (Curua-Palme) wird bisweilen auch mit dem ähnlichen Fett der *Attalea maripa* und *Att. excelsa* verwechselt, das man als Maripafett bezeichnet (504). Das Fett ist butterartig, weiß oder gelblich, von mildem Geschmack und angenehmem Geruch [Schmelzpunkt 25—27°, VZ 260—270, JZ 10—20 (505)]. Es ähnelt dem Kokosfett, wird in Westindien und Franz.-Guayana als Speisefett und als Mittel gegen rheumatische Schmerzen benutzt. Es verseift sich leicht und gibt gut schäumende Seife mit großem Wasserbindungsvermögen.

h) Das Fett von den Battassukernen, den Früchten der *Attalea brasilies* und *Att. fruifera* ist dem Cohunefett ähnlich (506).

i) Aouaraöl oder Tukumöl wird von den Früchten der in Guyana heimischen Palme *Astrocaryum vulgare* Mart. gewonnen. Die Früchte (Puamanüsse) enthalten 22—40% Fett. Die französischen Kolonisten unterscheiden zwei Arten: Aouara d'Afrique oder A. de Guinée (*Elaeis guineensis*) und A. de Guayana (*Astroc. vulgare*). Das Öl unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Palmöl durch seine zinnoberrote Farbe, die es auch nach jahrelangem Aufbewahren nicht verliert. Den angenehmen säuerlichen (an den frischer Gleditschiafrüchte erinnernden) Geruch behält es jahrelang, ohne, wie das Palmöl, ranzig zu werden. Es ist bei 15° fast flüssig, und erstarrt erst wieder beim Abkühlen auf 4°. Das mikroskopische Bild ähnelt dem des Palmfettes, nur ist die rötliche Grundmasse intensiver gefärbt und die Menge der kristallinischen Anteile geringer. Bei Erwärmen auf 70—80° und folgender langsamer Abkühlung kristallisieren die Fettsäuren nicht mehr nadelförmig (wie sie zuerst erscheinen), sondern tafelförmig oder breit prismatisch aus. Chemische Untersuchung fehlt noch. Das Öl dürfte mehr Olein als Palmfett enthalten. Verwendet wird es in der Seifenfabrikation.

Wahrscheinlich identisch mit diesem Fett ist das von Bray und Elliot (506) beschriebene Fett der Tukau- oder großen Puamanüsse.

k) Mamarronfett (507) aus den Früchten (Mamarronnüsse) einer im Magdalenentale in Columbia vorkommenden, noch nicht genau bestimmten *Attalea*-Art. Die Früchte sind lichtbraun, haben elliptische Form (Durchmesser etwa 4 cm, Länge etwa 6 cm). Die harte holzige Schale ist von einer dünnen hellbraunen Faserschicht umgeben und birgt einen Kern, der einen Ölgehalt von nahezu 70% aufweist. Das Kerngewicht beträgt im Durchschnitt 5,3 g und macht etwa 11% des Fruchtgewichtes aus.

Das durch Extraktion erhaltene Öl ist cremefarbig und riecht wie Kokosöl. Kennzahlen: $d_{100/15}$ = 0,8679, Schmelzpunkt 24°, SZ 2,3, VZ 250, JZ 10—11, Brechungsindex (40°) 1,449, flüchtige Säuren etwa 19%, davon etwa 11% unlöslich. Das Öl wird als brauchbar für Speisezwecke erklärt, das Extraktionsmehl kann als Viehfutter dienen.

l) Von den Acrocomiafetten sind zu nennen das Mocayafett (Macajabutter) von *A. sclerocarpa* Mart. (= *Bactris minor* Gaertn. = *Cocos aculeata* Jaqu.). Die in Trinidad, Jamaika und Brasilien vorkommende Palme wird »Makasupalme« oder »Kaumakka« genannt. Die kugeligen Steinfrüchte haben einen Kern, der nur etwa 6% der Frucht ausmacht. Nach Sack besteht das veilchenartig riechende Fett aus 17,5% Triolein und 82,5% Trilaurin (?). Das Fett dient zur Seifenbereitung, es soll auch im europäischen Handel vorkommen.

m) Acrocomiafett von *Acroc. vinifera* Oerst., einer in Nicaragua und Costarica vorkommenden Palme (Palma de Cogal, Coyol). Der rein weiße, haselnußgroße Kern (etwa 14% der Frucht) enthält etwa 50 % Öl. Sie werden auch als Gru-Gru-Kerne bezeichnet. Das mit Äther extrahierte Fett ist hellgelb, riecht und schmeckt angenehm mild. Es ähnelt chemisch und physikalisch dem Kokosfett (508).

n) Gru-Gru-Nüsse werden auch die Samenkerne von *Acrocomia sclerocarpa* Mart. (*Bactris minor* Gaertn. = *Cocos aculeata* Jaqu.), Trinidad, Jamaika, Brasilien genannt. Das Fett (Mocayabutter) ähnelt dem Kokosfett. Es soll auch im europäischen Handel vorkommen (519).

o) Über das Fett der *Acrocomia totai* Mart. siehe Cl. Grimme (509).

p) *Guilielma speciosa* Mart. = *Bactris gasipaes* Kunth., Guayana und Neugranada haben Kerne (graines de Paripous) mit 31,4% Fett (510).

q) *Bactris Plumeriana* Mart. hat Kerne mit etwa 35% Fett vom Schmelzpunkt 32°, das aus etwa 14% Triolein und 86% Trilaurin bestehen soll. Die Pflanze heißt in Surinam Keeskeesiemakka (Affendorn) (511).

r) Comouöl (Pataváöl) von *Oenocarpus*-Arten. Im tropischen Amerika werden mindestens zwei als »Comou« bezeichnet: *Oen. Batava* Mart. und *Oen. bacaba*. Ersteres ist schwach gefärbt, schmeckt milde und dient als Speiseöl (in den am Maranho und Orinoco gelegenen Teilen Brasiliens). In Para wird es vielfach zur Verfälschung von Olivenöl benutzt. Das Öl der *Oen. bacaba* (Guayana, auch Brasilien) ist blaßgelb, klar, wird leicht ranzig. Es findet kaum Verwendung, obwohl die Palme häufig vorkommt und das Öl leicht gewinnbar ist (512).

s) Muritifett von *Mauritia vinifera* Mart. (Wein- oder Moritipalme), Brasilien. Die Kerne enthalten nach Fendler 48,7% Fett, hellgelb, nach längerem Stehen völlig erstarrend (513).

t) Tulurufett (Turlurufett) von *Manicaria saccifera* Gaertn. (= *Pilophora testicularis* Jaqu.), Westindien, Guayana, Brasilien, findet nach Schaedler in der Seifenfabrikation Anwendung (514).

u) Parapalmöl (Pinotöl, Parabutter) wird aus den Kernen der *Euterpe oleracea* Mart. (= *Oreodor oleacea*) und *Eut. catinga* Wal. gewonnen, die in Brasilien (hauptsächlich am Para) und, in großer Üppigkeit, in Franz.-Guayana wächst. Das durch Auskochen der zerbrochenen Kerne gewonnene Öl riecht leicht aromatisch und schmeckt angenehm, doch scheinen sich diese Eigenschaften leicht beim Transport nach Europa zu verlieren. Das frische Fett eignet sich zu Speisezwecken, doch war das importierte Fett hierfür unbrauchbar, gab aber gut schäumende Seifen (515).

v) Über das Fett der *Cocos acrocomioides* Dr. siehe Niederstadt (516).

w) Das Dattelsamenöl aus den Kernen der *Phoenix dactylifera* wurde von A. Diedrichs untersucht (517). Das extrahierte Fett, dessen Menge rund 8% des Samens ausmachte, war ein dickliches gelbes Öl, von nicht unangenehmem, etwas kratzendem Geschmack (Refraktion bei 25° 1,461, VZ 211, JZ 52, SZ 3,4, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 18°).

x) Das Öl einer Miniaturkokosnuß von *Jubaea chinensis* (*J. spectabilis*), West-Chile, abseits der Küste. Die Nüsse sind nur etwa 6,5 g schwer. Das Öl hat besonders feinen Geschmack und Geruch. Es ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig

und hat eine besonders hohe Verseifungszahl [$d_{15,5}$ = 0,924, n_{25} = 1,454, freie Fettsäuren (als Ölsäure ber.) 0,2%, VZ 274, JZ (Wijs) 13, Erstarrungspunkt 8—10° (518).

79. Papaveraceenöle (siehe Mohnöl Nr. 67). Von Papaveraceenölen ist außer Mohnöl zu nennen

a) Das Öl des Samens von *Glaucium luteum* Serp. (*Chelidonium glaucium* L.), an den Seeküsten Europas wachsend. Das Öl, als Hornmohnöl bezeichnet (30 bis 35 % des Samens, schon durch Fingerdruck auftretend), ist hellgelb, geruch- und geschmacklos. Es ist als Speiseöl, Brennöl, Seifenöl und angeblich auch als Farbenöl verwendbar. Bisher ohne praktische Bedeutung (Schädler, a. a. O. S. 704).

b) Das Öl der *Argemone mexicana L.* (520) (mexikanischer Stachelmohn), Zentralamerika, tropisches Afrika. Die Samen geben ein hellgelbes, klares Öl, das als Brennöl, Schmieröl und medizinisch Anwendung findet (gegen Kolik). Nach Angaben des Bull. Imp. Inst. London (523) geben die kleinen runden Samen 36% eines bräunlichgelben Öles von scharfem Geschmack ($d_{15}/_{15}$ = 0,922, n_{D40} = 1,466, SZ 21, VZ 193, JZ 124). Das Öl war schwach trocknend und dunkelte beim Trocknen stark nach. Das Öl der Varietät *speciosa* soll ein Alkaloid enthalten (521). Letzteres Öl hat nach Bloemendal ein höheres spezifisches Gewicht als das Öl der *A. mexicana*, 0,9435 gegenüber 0,925 bis 0,926 bei 15°. (Auch höhere Verseifungszahl, 200 gegenüber 187—190.) Nach Burgemeister (522) sind Palmitinsäure, Myristinsäure und Leinölsäure (?) vorhanden.

Da das Öl in Brasilien als Purgans dient (15—30 Tropfen sollen schon Durchfall mit Ekel und Erbrechen verursachen), während es in Ostindien, wo es in großen Mengen vorkommt, als Speiseöl dient, wird es dort vermutlich auf andere Weise gewonnen, so daß der purgierende Stoff nicht in das Öl übergeht.

80. Papilionaceen wurden vielfach untersucht, sie sind technisch völlig bedeutungslos, mögen aber hier aufgezählt werden. Die Untersuchungen wurden von Grimme (523a) veröffentlicht. Es sind die Öle von *Anthyllis vulneraria, Cicer arietinum* (Kichererbse), *Pisum sativum* L. (Erbse), *Vicia faba* L. var. *major* (= *Faba vulgaris*, Puffbohne), *Vicia sativa* (Futterwicke), *Vicia sepium* (= *Wiggersia sepium*, Zaunwicke), *Lens esculenta* (Linse), *Cajanus indicus* Spreng. (Erbsenbohne), *Dolichos lablab* L. (Helmbohne, franz. Tropen), *Vigna catjang* Endl. (Indien), *Canavalia ensiformis D. C.* (Fetischbohne, Tropen), *Voandzeia subterranea* Thon. (Angolaerbse), *Ornithopus sativus, Onobrychis sativa* Lam. (Esparsette), *Lupinus albus, L. luteus, L. angustifolius* L., *Melilotus albus* Desr. (weißer Steinklee), *Melilotus officinalis* Desr. (Feldsteinklee), *Trifolium incarnatum* L., *Tr. pratense* L., *Tr. hybridum, Tr. perenne, Tr. repens* L., *Tr. agrarium* L., *Lotus corniculatus* L., *Galega officinalis, Medicago sativa* L. und verschiedene *Phaseolus*-Arten.

81. Perillaöl. Das Öl ist das Samenöl der *Perilla ocymoides* (einer Labiate). Sie wächst in China, Japan und Indien wild, wird aber dort auch kultiviert. Die Samen sind Nüßchen von durchschnittlich 2,8 mm Länge und 2,3 mm Breite, von grauer Farbe, mit netzartigen Äderchen von bräunlicher Farbe (524).

Nach A. Spann (525) wird die Pflanze hauptsächlich in Korea und China und im nördlichen Teil der Hauptinsel Japans angebaut. Die Aussaat erfolgt im Frühling, Versetzung der dann 10 cm hohen Pflänzchen gegen Ende Juli. Anfang September bilden sich in den Blattachsen kleine, stark riechende Blüten. Ende Oktober sind die hell- bis dunkelbraunen Samen von 1 bis 1,5 mm Durchmesser reif. Das 1000-Korngewicht ist 4—4,5 g.

Der Ölgehalt der Samen beträgt nach Wijs (526) etwa 36%, nach Keller etwa 43%. Die von Wijs untersuchten Samen waren kleiner als die von Harz beschriebenen. Nach Spann beträgt der Ölgehalt rund 46%.

Anbauversuche in Amerika lieferten Samen von um 20% geringerem Korngewicht als die japanischen Samen [Ch. P. Fox (527)].

Die Gewinnung geschieht durch Pressen, nähere Angaben fehlen.

Äußere Eigenschaften: Frisches Öl ist gelb, älteres bräunlich, oft recht dunkel. Geschmack und Geruch er-

innern an Leinöl, mit dem das Perillaöl überhaupt große Ähnlichkeit aufweist. Älteres Öl riecht tranartig.

Kennzahlen [nach Rosenthal (528), Meister (529) und Niegemann (530)]: Dichte (15/15) 0,928 bis 0,933, Brechungsindex (15°) 1,483—1,485, Verseifungszahl 187—197, Jodzahl 188 bis 196 (nach Wijs, a. a. O., 206), Schmelzpunkt der Fettsäuren —4 bis —5°.

Chemische Zusammensetzung: Das Perillaöl zeichnet sich vor allem durch einen hohen Gehalt an Linolensäure aus, der nur noch von dem des Leinöls bei einigen Sorten desselben fast erreicht wird. Außerdem wurde Ölsäure von K. H. Bauer (531) sicher ermittelt, wenn auch in kleinen Mengen.

Verwendung: In den Heimatländern wird das Öl zur Lack- und Firnisfabrikation verwendet, ferner zum Wasserdichtmachen von Papier und Stoffen. Endlich wird das Öl zum Ausbringen der letzten Anteile des Japanwachses verwendet (s. d.). In Englisch-Indien (besonders am Himalaja) wird das Öl auch zur Rotfärberei verwendet.

Nach Meister trocknet das Perillaöl rascher auf als Leinöl, läuft aber in Tropfen zusammen. Durch einmaliges rasches Erhitzen auf 250° läßt sich dieser Übelstand beseitigen. Bei längerem Erhitzen auf hohe Temperaturen läßt sich das Perillaöl zu »Standöl« verdicken, das die gleichen Eigenschaften aufweist wie Leinöl. Es hellt sich dabei auf und dunkelt nicht mehr nach. Durch Floridaerde ist es fast wasserhell zu bleichen. Bei entsprechenden Mengen und angemessenen Preisen wird dem Öl in der Lack- und Firnisindustrie eine gute Prognose gestellt.

Statistik: In Korea wurden nach Spann (525) 1912/14 pro Jahr auf 9100 ha Anbaufläche etwa 900 hl Öl gewonnen.

82. Pilzöle.

a) Mutterkornöl (532) (ohne jede Bedeutung) wurde von Mjoën (533), Fabris und Settiny (534) und Palladino (535) durch Äther oder Petroläther aus *Secale cornutum* extrahiert (d_{15} = 0,925—0,927, Erstarrungspunkt 10°, n_{D25} = 65, VZ 178—192, JZ 71—76, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 30—33). Nach Rathje (536) sind im Öl 68 % Ölsäure, Oxyölsäure 22 %, Palmitinsäure 5 %, 0,35 % Unverseifbares, 7,5 % Glyzerin, geringe Mengen Alkaloide enthalten.

b) Genauer untersucht wurde auch das Fliegenpilzöl von *Amanita muscaria* durch W. Heinisch und J. Zellner (537). Es war von dünnflüssiger brauner Farbe mit geringer grünlicher Fluoreszenz (d_{15} = 0,9166, n_{D20} = 1,460—1,470, Schmelzpunkt 8—9°, VZ 227, SZ 177, JZ 82). Außer Öl und Palmitinsäure wurden Lezithin, etwas Buttersäureglyzerid und Ergosterin gefunden.

Auch das Fett von *Lactarius vellereus* und *L. speratus* und von *Boletus lucidus* wurde untersucht.

83. Von Pittosporaceenölen ist nur das von *Pittosporum coriaceum* Ait. bekannt, Heimat Brasilien, dort als Zierbaum angepflanzt. Die rote Hülle der Samen enthält 7% eines hell-orangegelben Öles, die Samen selbst etwa 3%. Das Öl ist geruchlos, von schwachem, etwas kopaivaähnlichem Geschmack. Mit Schwefelsäure geschüttelt wird das Öl nach einiger Zeit dunkelgrün und die Säure rot.

Nach Peckolt verderben die Samen bisher in großen Mengen, obwohl sie industriell verwertet werden könnten (538).

84. Polygalaceenfette.

a) Sioernußfett aus den fettreichen, haselnußgroßen, platten Samen (etwa 40 % Fett) des in Sumatra beheimateten *Xantophyllum lanceatum* Boerl. (*Skaphium lanceatum* Miq.). Durch Extraktion ist ein bei 44° schmelzendes festes grünes Fett gewinnbar [d_{50} = 0,902, SZ 52, VZ 170, JZ 39, n_{D40} = 1,455, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 53/54°, SZ derselben 207 (539)]. Nach K. Gorter (540) würde es sich zur Seifen- und Kerzenfabrikation eignen. Die Preßkuchen enthalten ein giftiges Saponin, das Fett enthält keine giftigen Stoffe (541).

b) Malukangbutter aus den Samen der *Polygala butyracea* ist ein butterartiges, bei etwa 35° schmelzendes Fett, das hauptsächlich aus Olein und Palmitin, sowie etwas Myristin und freier Palmitinsäure bestehen soll. Das angenehm schmeckende Fett würde sich nach Semler zur Kunstspeisefettfabrikation eignen. Obgleich es schon in kleinen Posten nach

Europa gekommen sein soll, bildet es keinen Handelsartikel (542).

c) In der Wurzel von *Polygala senega* (Heimat: Nordamerika) fand sich in geringer Menge, etwa 4—8%, ein fettes Öl, das erhebliche Mengen an unverseifbaren Stoffen und auch an harzartigen Substanzen enthielt. Die arzneiliche Wirkung der Senegawurzel dürfte aber nicht auf den Fettgehalt zurückzuführen sein, sondern auf den Gehalt an Salicyl- und Baldriansäuremethylester. Das Öl hat d_{15} = 0,9106, VZ etwa 194, JZ etwa 78 [ohne Unverseifbares (543)].

85. Reisöl. Das Reisöl (544) wird aus den Keimen und der Kleie der Reispflanze *Oryza sativa* L. (Graminee) gewonnen. Die Pflanze wird in mehr als 1000 Abarten in allen wärmeren Ländern angebaut, wo hinreichend Feuchtigkeit herrscht. Sie ist einjährig, wird bis zu $1^1/_2$ m hoch und hat 30—35 cm lange, dunkelgrüne Blätter.

Heimatland sind die Tropen, und zwar Asien und Australien. In Afrika wurde Reis wildwachsend gefunden. Die Hauptmenge liefert das südliche und südöstliche Asien und Ägypten. Auch die übrigen Mittelmeerländer liefern erhebliche Mengen (Oberitalien, Spanien, Portugal, Türkei und Griechenland). Amerika liefert gleichfalls sehr bedeutende Mengen von Reis.

Die Reiskörner sind weiß mit vier bräunlichen bis braunroten Längsstreifen. Die einhüllenden Spelzen werden mittels »Schälmaschinen« entfernt. Die bei dem Schälen abfallenden Spelzen, die stets mit Mehl, Bruchstücken von Körnern usw. vermengt sind, bilden die Reiskleie.

Gewinnung: Das Reisöl wird aus Reiskeimen, vornehmlich aber aus Reiskleie, deren Ölgehalt etwa 15% beträgt, durch Extraktion gewonnen, und zwar hauptsächlich in Amerika (Louisiana und Texas). Auch aus Abfallmehl von der Reisstärkefabrikation wird das Öl gewonnen; dabei wird zunächst die Stärke verzuckert und nach Auslaugen des Zuckers und Abpressen des Rückstandes dieser extrahiert.

Äußere Eigenschaften: Reisöl ist von gelblichgrüner Farbe und besitzt einen unangenehmen Geschmack und Geruch. Bei Zimmertemperatur ist es zwar flüssig, weist aber Ausscheidungen auf, die bei 24° schmelzen. Beim Lagern scheidet sich ein festes Fett aus, das sich leicht verseifen ließ und zur Herstellung von Kernseife geeignet erschien (549).

Kennzahlen: Dichte 15/15 um 0,923, Brechungsindex (20°) 1,474, Verseifungszahl 180—193, meist über 190, Jodzahl 90—108, meist über 100, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 28,5—29.

Chemische Zusammensetzung: Die Zusammensetzung des Reisöls ist noch wenig erforscht. 20—30 % der Fettsäuren sind feste und 70—80 % flüssige Fettsäuren. Unter den ersten sind nach Browne (545) Arachin-, Behen- und Lignozerinsäure oder Homologe derselben zugegen. Tsujimoto (546) fand 20 % Palmitinsäure, 45 % Ölsäure und 35 % Isolinolsäure. Ferner wurde ein relativ großer Gehalt an Lezithin (0,5 %) im Öl gefunden. Infolge einer vorhandenen Lipase, die aber durch Erhitzen (95°) unwirksam gemacht werden kann, wird das Öl leicht sauer und spaltet beträchtliche Mengen freier Säuren ab, so fanden Fabris und Settimj (547) in einem Öl aus Italien 86 % freie Fettsäuren [s. auch A. B. Weinlagen (548)].

Das Öl hat purgierende Eigenschaften; dies ist der Grund, weshalb die Kleie entfettet wird, da sie sonst als Futtermittel ungeeignet wäre.

Verwendung: Ausschließlich zur Seifen- und Stearinfabrikation; ohne besondere Bedeutung, da die erzeugte Menge nur gering ist.

86. Ranunculaceenöle. Von Ranunculaceenölen ist das des Schwarzkümmels, *Nigella sativa* L. (Nardensamen, römischer oder schwarzer Koriander), bekannt. Heimat Kleinasien und Südeuropa. In Deutschland bei Erfurt kultiviert. Sie enthalten nach Greenish 1,4 % eines Glukosids $C_{20}H_{33}O_7$ (Melanthin). Abessinische Samen enthielten 40 % Rohfett. Das fette Öl hat $d_{15/4}$ = 0,925, VZ 196, JZ 116, n_{40} = 1,465 (551).

87. Rittersporнöl aus *Delphinium consolida* befanden G. R. Pancoast und W. Graham als ein trocknendes Öl vom spez. Gew. 0,884 bei 15° (552).

88. Resedaceenöle. Das Öl des Samens von *Reseda luteola* L., in ganz Europa verbreitet, früher viel in Süddeutschland, England und Frankreich kul-

tiviert, Resedasamenöl, Wausamenöl, ist ein grünliches Öl von unangenehmem Geruch und bitterem Geschmack. Der Gehalt der Samen an Öl ist etwa 30 %. (Dichte des Öles 0,936.)

Das Öl trocknet leicht und ist zur Firnisfabrikation angeblich verwendbar. Durch die gesunkene Bedeutung des »Färberwau«, wie die Pflanze genannt wird, hat auch die Gewinnung von Öl aufgehört (550).

89. Von **Rhamnaceenölen** wurde das von *Rhamnus carthartica* L., Kreuzdorn (nördliche gemäßigte Zone der Alten Welt

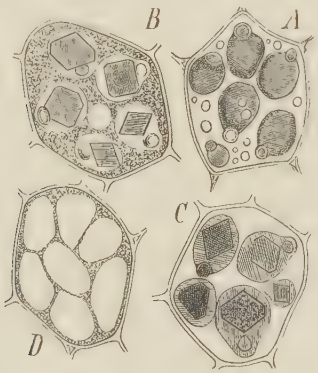


Abb. 12.
Zellen aus dem Nährgewebe von *Ricinus communis*. (Vergr. 800, nach Sachs.) *A* frisch in Glyzerin, *B* in verd. Glyzerin, *C* in Glyzerin erwärmt; *D* nach Behandlung mit Jodalkohol sind die Aleuronkörner durch Schwefelsäure zerstört, die plasmatische Grundsubstanz ist als Netz zurückgeblieben.

und Nordafrika), untersucht. Durch Extraktion der zerkleinerten Samen, die in einer steinfruchtartigen Hülle liegen, erhielt Krassowski rund 9 % Öl ($d_{15/4}$ = 0,9195, VZ 186, JZ 155). Es wurde Ölsäure (etwa 27%), Linolsäure (etwa 32%), Isolinolensäure und Linolensäure (22 %), Stearinsäure (6 %), Palmitinsäure (1 %), ferner etwa $^1/_4$% flüchtige Säuren (Buttersäure) gefunden.

Die Früchte werden als Abführmittel verwendet wegen ihres Gehaltes an Emodin (553).

90. Rhizophoraceenöle. Näher untersucht ist das »Pogaöl« (Inoyöl) von *Poga oleosa* Pierre. Die in Kamerun wild wachsenden Riesenbäume haben in einer fleischigen, leicht verderblichen Schale eingebettete mandelähnliche Samen mit etwa 62 % leicht auszupressendem Öl (554). Grimme (555) erhielt durch Ätherextraktion etwa 55 % hellgelbes Öl. (d_{15} = 0,9085, n_{D25} = 1,4700, Erstarrungspunkt —5°, Schmelzpunkt —4°, VZ 177,5, JZ 91, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 24,5°.)

91. Rizinusöl. Das Rizinusöl (auch Kastoröl, früher auch Christpalmöl genannt) wird aus den Samen der Euphorbiacee *Ricinus communis* L. gewonnen (Abb. 12). Die Heimat des Baumes ist nicht sicher festgestellt, doch hat man sie höchstwahrscheinlich in Nord-Ostafrika zu suchen. Über Ägypten nach Indien gekommen, ist die Pflanze heute in fast allen tropischen und subtropischen Ländern zu Hause (556). Ja selbst in Ländern mit gemäßigtem Klima findet man sie, wenn auch kaum zu Kulturzwecken, sondern als Zierpflanze. Die sonst noch genannten Rizinusarten sind mehr als Spielarten und Varietäten anzusehen. Zur Gewinnung der medizinischen Öle wird nach Ubbelohde (556) meistens die Varietät *Ricinus communis minor* L. angewendet, während die technischen Öle aus der Varietät *major* gewonnen werden. Der Ölgehalt der Kerne schwankt nach den Untersuchungen von Leather (557) und von Peckolt (558) und ist von der Herkunft der Saat in hohem Maße abhängig, er liegt etwa zwischen 55—70 % im Kern und 35—50 % im ganzen Samen.

Gewinnung: Zunächst läßt man die geernteten Samen zur Nachreife in der Sonne liegen und überfährt sie dann mit einer Walze, wodurch die Kapseln aufspringen. Durch Rüttelsiebe oder Ventilatoren werden Schale und Kerne getrennt. In den Kulturländern werden die Samen nach Reinigung und Sortierung nach der Größe geschält, dann durch Walzen zerkleinert und zweimal kalt, dann nochmals warm gepreßt und die Rückstände dann womöglich noch durch Extraktion von den letzten Ölresten befreit. Durch Aufkochen mit Wasser oder Behandlung mit Wasserdampf wird dann noch das Öl raffiniert und das fettspaltende Ferment Rizin (siehe A, V.) zerstört, dessen Gegenwart das Öl sauer machen würde. In Frankreich preßt man zunächst, so daß etwa 30 % Öl resultieren, und die zermahlenen Preßkuchen werden warm nochmals auf eine Ausbeute

von etwa 10 % Öl gepreßt. Zur Raffination wird zunächst mit 2—3 % Schwefelsäure behandelt, dann über Walkerde filtriert, im Sonnenlicht gebleicht und der Geruch mit Wasserdampf verbessert (559).

Äußere Eigenschaften: Die Farbe des Öles ist grünlichgelb bis nahezu farblos. Frisches Öl hat einen milden Geschmack, der sich aber bald in den bekannten unangenehmen umwandelt. Gut raffiniertes Öl wird sehr schwer ranzig. Auch in dünner Schicht trocknet es nicht ein, wenn es auch allmählich an Konsistenz zunimmt. Dagegen ist die Konsistenz wenig abhängig von der Temperatur, aus welchem Grunde auch seine Verwendung als Schmiermittel für Maschinen mit rasch wechselnder Betriebstemperatur wichtig ist. So ist es ein fast unentbehrliches Schmiermittel für Flugzeugmotoren.

Sehr bemerkenswert ist das Verhalten gegen Fettlösungsmittel, das völlig von denen der übrigen Fette abweicht, da es nicht wie diese in Petroläther löslich ist, dagegen im Gegensatz zu ihnen in Alkohol völlig löslich ist. (Ursache: das Vorhandensein von Oxyfettsäuren.) In Gegenwart anderer Öle verringert sich der Unterschied der Löslichkeit gegenüber den übrigen Ölen.

Kennzahlen: Spez. Gewicht (15°) 0.961—0,973, meist unter 0,966, Brechungsindex (n_{D20}) 1,477—1,479, Verseifungszahl 176—183 (auch 186), Jodzahl 182—188, Erstarrungspunkt der Fettsäuren + 3°.

Chemische Zusammensetzung: Der Hauptbestandteil ist eine Oxyfettsäure, die Rizinolsäure ($C_{17}H_{32}(OH)COOH$), auch eine Isorizinolsäure (560), ferner wurde in geringer Menge auch Dioxystearinsäure (561) und Stearinsäure gefunden. Beim Erhitzen polymerisiert sich Rizinusöl. Die sehr verschiedenen Angaben über diese Reaktion bei der Rizinusölsäure hat B. Rassow (562) dahin erklärt, daß ausschließlich Ester der Säuren entstehen, indem die Hydroxylgruppe des einen Moleküls sich mit der Carboxylgruppe des anderen verestert, so daß sich vielmolekulare Estersäuren bilden, die sich voneinander nicht trennen lassen. Wird Rizinusöl so lange auf etwa 300° erhitzt, bis 5—10 % abdestilliert sind, so bleibt ein zäheres Produkt als das ursprüngliche Öl zurück, dessen Löslichkeitsverhältnisse denen des ursprünglichen gerade entgegengesetzt sind.

Zur Prüfung der Reinheit des Öles ist die völlige Löslichkeit in etwa vier Teilen 85%igem Alkohol brauchbar, in dem die übrigen Fette und Öle nicht löslich sind.

Verwendung: Außer dem bekannten Verwendungszweck als abführendes Mittel wird das Rizinusöl als Schmiermittel verwendet. Als Schmiermittel und als Treibriemenöl (Lederöl) wird es auch in Mischung mit Mineralöl verwendet, wozu es erst erhitzt werden muß, siehe Chemische Zusammensetzung. In der Seifenfabrikation wird es als Zusatzöl benutzt in Mengen von 5—10 %, da größere Mengen die Ausbeute an Seife verringern. Sehr wichtig ist die Verwendung zur Herstellung von Türkischrotöl (mit Schwefelsäure sulfuriertem Rizinusöl), das bei der Rotfärberei eine bedeutende Rolle als Beize spielt und das auch zur Herstellung von Emulsionen verwandt wird. Auch als Rohstoff für die Herstellung von gehärteten Fetten ist es heute von großer Bedeutung.

Die Einfuhr betrug in Deutschland rund 10 000 t, von denen etwa 70 % aus Großbritannien stammten. Aus Santos wurden 1920 360 000 Säcke, 1921 23 000 Säcke Samen versandt (563).

92. Rosaceenöle, siehe auch Aprikosenöl Nr. 6 und Mandelöl Nr. 63.

a) Pfirsichkernöl (564) aus den Samen von *Prunus persica* (L.) Sieb. und Zucc. (= *Amygdalus persica* L., *Persica vulgaris* Mill.). Gewinnung durch Pressung aus den entschalten Samen, bei Abwesenheit von Wasser, da sonst Spaltung der Glukoside (siehe Mandelöl) eintritt. Ausbeute etwa 25—30 % von den vorhandenen 32—35 %.

Das Pfirsichkernöl hat wenig ausgesprochenen Geschmack und Geruch; die Farbe ist goldgelb. Im allgemeinen ist das Öl dem gewöhnlichen Mandelöl ähnlich. Es erstarrt bei —20 bis —23°. Nach Schaedler (565) und Bornemann (566) besteht es hauptsächlich aus Triolein mit geringen Beimengungen von Palmitin und Stearin. Die Menge der festen Fett-

säuren ist nach Fabris und Settimj (567) rund 15 %.

Kennzahlen: d_{15} = 0,918—0,923, n_{D25} = 1,468—1,4705, VZ 189—193, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 5—13°.

Das Pfirsichkernöl, das übrigens selten rein vorkommt, da es mit anderen Rosaceensamenölen zusammen gepreßt wird, dient meistens als Ersatz und zur Verfälschung von Mandelöl. Die Farbenreaktionen zu seiner Auffindung im Mandelöl sind etwas unsicher.

b) Pflaumenkernöl von *Prunus domestica* L. und auch von *Prunus americana* Marsh. Gehalt der Kerne an Öl 25 bis 30 %, von denen 20 % durch die Pressung gewonnen werden unter ähnlichen Maßnahmen wie bei dem Mandelöl (der Glukoside wegen). Pflaumenöl ist flüssig, klar, von gelber bis bräunlicher Farbe, in Geschmack und Geruch an Mandelöl erinnernd. Nach Fabris und Settimj (568) besteht etwa ein Drittel des Öles aus Glyzeriden gesättigter Fettsäuren.

Kennzahlen: d_{15} = 0,912—0,915, n_{D25} = 1,468, VZ 190—192, JZ 90—100, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 12—15°.

Verwendet wird es meist in Mischung mit Pfirsich- und Aprikosenöl als Ersatz und zur Verfälschung von Mandelöl, dem es ähnlich ist. In Württemberg, wo es viel gewonnen wird, soll es auch als Speiseöl dienen.

c) Kirschkernöl von *Prunus cerasus* L. (= *Cerasus vulgaris* Mill.) ist in Kennzahlen, Gewinnung und Eigenschaften dem Pflaumenkernöl und anderen Rosaceenkernölen ähnlich, auch wird es wie dies verwendet. Die im Weltkriege wohl in Deutschland des Ölmangels wegen vergrößerte Gewinnung dürfte jetzt wieder nachgelassen haben (569).

d) Birnensamenöl (*Pirus communis* L.) und Apfelsamenöl (*Pirus malus* L.) (570) wurden in Württemberg zu Speise- und Brennzwecken (heute wohl wenig) verwendet.

e) Kirschlorbeeröl (571) von *Prunus laurocerasus* L. (= *Padus laurocerasus* Mill.) ist dem Mandelöl sehr ähnlich und wird auch wie dieses verwendet. Die Preßrückstände können zur Herstellung von Kirschlorbeerwasser und von Bittermandelöl dienen.

f) *Chrysobalanus icoca* L., Westindien und nordöstliches Südamerika. Die ölhaltigen Früchte bildeten einen Handelsartikel nach Spanien. Icocaöl ist als Speiseöl geschätzt (572).

g) *Parinarium mobola* Oliv. Angela, Sambesi. Die Samen »Mabosamen« werden als Ölsamen gelegentlich nach Europa importiert (573).

h) *Parin. senegalense* Guill. et Perr. Tropisches Afrika. Die Früchte »Pommes du cayor« enthalten 1—2 fettreiche Samen. Das Öl »Néonöl, huile de Néon de Senegal« trocknet rasch ein und kann angeblich als Ersatz des Leinöls zur Firnisbereitung Anwendung finden (574).

i) *Mequilia tomentosa* Benth. Brasilien. Die Samen enthalten in ihrem gelben Kern 48,26 % Öl, das mit Äther extrahierbar und schwach trocknend ist, eine dunkelbraune Farbe sowie stark viskosen Charakter besitzt (575).

k) Quittensamenöl von *Cydonia vulgaris* Pers. (= *Pirus cydonia* L.). Im Kaukasus wild vorkommend, jetzt überall, besonders in Südeuropa kultiviert, oft verwildernd (576). Die Samen enthalten etwa 5 % fettes Öl, das durch Extraktion gewonnen wird. Das Öl ist gelb bis gelblichgrün, bisweilen auch intensiv grün. Nach Fabris und Settimj (577) sind von den Fettsäuren des Öles 22 % gesättigte. Das Öl enthält auch mehrfach ungesättigte Fettsäuren, da es leicht trocknend ist. Sonst entspricht es den übrigen Rosaceenkernölen (d_{15} = 0,922—0,924, n_{D25} = 1,473, VZ 182—188, JZ 113—120, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 26—27°).

Eine Reihe von Rosaceenölen wurden laboratoriumsmäßig hergestellt, sie sind technisch bedeutungslos, obwohl man im Weltkriege versuchte, diese Öle zur Vergrößerung der spärlichen Fettquellen mit heranzuziehen.

l) Himbeerkernöl von *Rubus idaeus* L. Die Extraktion der Trester (16% der Beeren) durch Kochs (578) ergab ein dünnflüssiges grüngelbes Öl, im Geruch und Trocknungsvermögen dem Leinöl ähnlich. Die flüssigen Fettsäuren bestehen der Hauptsache nach aus Linol- und Linolensäure und wenig Öl- und Isolinolensäure. Die Kennzahlen wurden von Kochs (a. a. O.) und Krzizan (579) bestimmt.

m) Johannisbeerkernöl von *Ribes rubrum.* Die lufttrockenen Samen

enthielten nach Kochs (578) rund 17 % Öl, das gleichfalls trocknend ist. Das Öl aus dahlemer, italienischen und böhmischen Johannisbeerkernen war ziemlich verschieden, die letzten beiden aber einander ähnlich.

	$d_{15/4}$	VZ	JZ	SZ
dahlemer (578) . .	0,915	171	152	5,6
italienische (579) .	0,9265	190	172	40,6
böhmische (579) . .	0,930	187	176	2,9

In der italienischen Probe fand Krzizan Schwefel (0,14 %), während die böhmische frei davon war. An festen Fettsäuren wurden 5 % nachgewiesen, und zwar Palmitin- und Stearinsäure. Die ungesättigten Fettsäuren waren vor allem Linolsäure, etwas Öl- und vielleicht auch etwas Linolensäure.

n) Hagebuttensamenöl (*Rosa canina, R. rugosa* u. a.). Der Ölgehalt der Kerne ist nach Kochs (a. a. O.) etwa 9 %. Das dünnflüssige Öl ist gelb; es ist schwach trocknend ($d_{15/4}$ = 0,916, n_{40} = 1,470, VZ 173, JZ 153). Nach P. Vasterling (583) ist d_{15} = 0,929, n_{D25} = 1,4775, VZ 190, JZ 157. Er fand nur 2,4 % feste Fettsäuren (Palmitin- und Stearinsäure), sonst etwa 83 % Ölsäure, 11 % Linolsäure, 4½ % Linolensäure und 0,7 % Kapronsäure.

o) Brombeerkernöl von *Rubus villosus* L. und *R. canadensis* L. Das Öl wurde von R. Krzizan untersucht, der es aus den Kernen mit Petroläther extrahierte (Ausbeute rund 12 %). Die Farbe des Öls war dunkelgrüngelb mit roter Fluoreszenz im auffallenden Licht. Es trocknet langsamer als Himbeerkernöl (580).

p) Vogelbeersamenöl von *Pirus aucuparia* L. wurde von Itallie und Nieuwland (581) aus den Samen mit Petroläther extrahiert, es war ein hellbraunes, dünnflüssiges Öl von süßem Geschmack. Es ist ein trocknendes Öl. (d_{15} = 0,932, VZ 208, JZ 128.)

q) Erdbeersamenöl von *Fragaria vesca*. Gehalt der Samen an Öl etwa 19%. Ein von Arapin (582) mit Petroläther extrahiertes Öl war bei Zimmertemperatur etwas trübe, bei schwachem Erwärmen völlig klar, dunkelbraun, an Leinöl erinnernd. Ein von Kochs untersuchtes Öl war zweifellos stark oxydiert, da die Azetylzahl sehr hoch war.

93. Roßkastanienöl von *Aesculus hippocastanum* L. (Hippocastanacee) ist wenig dargestellt und verwendet worden. Die reifen Samen enthalten 6—8 % Öl, von denen nach Heiduschka 3—4 %, nach Angaben des »Kriegsausschusses für Fette und Öle« (584) etwa 5 % Öl gewinnbar sind. Das Öl ist dunkel (grünlich), von eigenartigem Geschmack. Die Brechungszahl bei 25° nach K. Löffl (585) 68, Säurezahl 11,6, Verseifungszahl 175,5, Jodzahl 99, Unverseifbares 2,5 %.

Mit Tonsil gebleicht wurde das Öl hellgelb und geschmacklos und war dann zu Speisezwecken verwendbar. Fütterungsversuche im Kaiserl. Gesundheitsamt (584) ergaben gute Resultate. Das Öl ähnelt nach seinen Eigenschaften dem Rüböl.

Über das Öl der tonkinesischen Kastanien berichtet Jumelle (586). Heim hat das Öl einer im Heimatlande als »mac kesi« bezeichneten Pflanze, wahrscheinlich *Aesculus chinensis*, untersucht. Es bestand zu etwa drei Viertel aus Glyzeriden ungesättigter, zu ein Viertel aus solchen gesättigter Fettsäuren. (SZ 51, VZ 202, JZ 67,5, Azetyl-Zahl 35.). Etwa 10 % (Tristearin) wurden beim Filtrieren zurückgehalten. Clot fand VZ 230, JZ 64; er gibt an, daß das Öl aus etwa 70% Triolein und 30 % Tristearin besteht (587).

94. Rubiaceenöle. Kaffeebohnenöl aus den Samen von *Coffea arabica* L., auch von *C. liberica* Hiern. Aus Rohkaffeebohnen extrahiertes Fett ist hellgelb, ohne besonderen Geruch, das aus gerösteten Bohnen ist dunkelbraun und weist den charakteristischen Kaffeegeruch auf. Der Fettgehalt liegt bei den verschiedenen Handelsmarken etwa zwischen 12 und 16%, bei gerösteten zwischen 13 und 17%.

Kennzahlen: n_{D25} = 1,468—1,472, VZ 152—166, JZ 78—84, Unverseifbares: etwa 6%, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 34—36°.

Das Unverseifbare besteht nach Juckenack aus einer gelblichweißen wachsartigen Masse, die nach dem Umkristallisieren von nadelförmigen Kristallen von Phytosterin durchsetzt ist. Das Öl wird nicht gewonnen und verwendet.

95. Rüböle *). Mit diesem Namen bezeichnet man die durch Pressung, seltener

*) Senföle siehe unter S, die übrigen Cruciferenöle unter Cruciferen.

durch Extraktion mittels Schwefelkohlenstoffes aus den Samen verschiedener Varietäten des Feldkohles, *Brassica campestris* L. erhaltenen Öle (Abb. 13, 14). Von Schaedler (588) werden unterschieden:

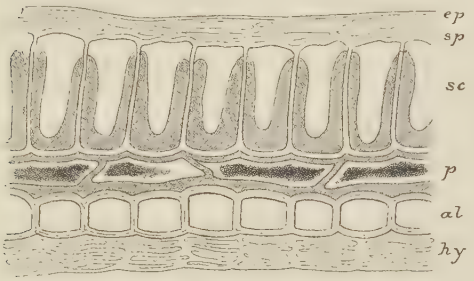


Abb. 13.
Querschnitt durch die Samenschale von Winterraps. *ep* Epidermis, *sp* subepidermale Schicht, *sc* Sklereidenschicht, *p* Pigmentschicht, *al* Aleuronschicht, *hy* hyaliner Streifen. Vergr. 400.

1. das Kohlsaatöl (Kolzaöl) von *Brassica campestris* L.;
2. das Raps- oder Repsöl von *Brassica napus* L.;
3. das Rüb- oder Rübsenöl von *Brassica rapa* L.

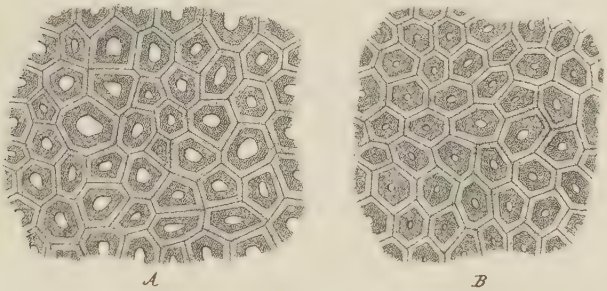


Abb. 14.
Flächenansichten der Sklereidenschichten von *A Brassica napus oleifera biennis (Winterraps), B Brassica rapa* (Rübsen). Vergr. 400.

Die englischen Ölfabriken beziehen große Quantitäten von Rapssamen aus Ostindien, namentlich von Kalkutta, Madras, Bombay, Guzerote und Ferozepore (589). Sehr mannigfach sind die zum »indischen Raps« zu zählenden Arten. Man teilt sie in drei Klassen:

1. gelber indischer Raps von *Brassica glauca* Roxb.;
2. brauner indischer Raps von *Brassica dichotoma* Roxb.;
3. punktierter indischer Raps von *Brassica ramosa* Roxb.

Der braune indische Raps ist dem europäischen äußerlich sehr ähnlich. Alle drei Arten kommen in Indien wild vor und werden außerdem in fast allen Teilen Indiens unter verschiedenem Namen kultiviert. In Europa sind Deutschland, Holland, Belgien und Frankreich Hauptkulturländer.

Die Öle der verschiedenen Brassicaarten unterscheiden sich nur sehr wenig voneinander.

Gewinnung: Die Saat wird durch Sieben von fremder Saat nach Möglichkeit gereinigt, der Staub wird vielfach abgeblasen. Die gereinigte Saat wird sodann auf Walzenstühlen mit 3—5 Walzen gepreßt, meistens zunächst kalt (bestes Öl), dann folgt die warme Nachpresse, bisweilen wird auch noch eine dritte Pressung vorgenommen. Diese liefert aber dann minderwertige, unreine, durch Schleimstoffe getrübte technische Öle. Extraktion wird wohl nur selten vorgenommen.

Das Rüböl kommt fast nie ganz roh in den Handel, sondern wird vorher einer Raffination. und zwar mittels Schwefelsäure (66° Bé) unterworfen, wobei man das Öl mit 0,5—1,5 % Schwefelsäure verrührt, gewöhnlich unter Durchblasen von Luft. Nach 2—5stündiger Einwirkung wird heißes Wasser zugegeben und das Öl abgetrennt. Bisweilen wird es auch mit alkalischen Laugen gewaschen, um die Reste der Säuren sicher zu entfernen.

Äußere Eigenschaften: Das Rohöl ist dunkelgelb, die Nachpressenöle sind auch bräunlich bis ziemlich tiefbraun (dritte Pressung). Raffiniertes Öl ist hellgelb. Der Geruch ist charakteristisch, der Geschmack unangenehm. Der Erstarrungspunkt liegt bei den verschiedenen Ölen etwa zwischen 0° und —8°.

Verwendung: Rüböl wird, wenn es kaltgepreßt ist, in den Bäckereien als Backöl (oft unter eben dieser Bezeichnung) verwendet. (Der Ausdruck Backöl ist aber nicht eindeutig, da auch andere Öle, z. B. in Württemberg das aus den Samen der Weinrebe gepreßte Öl u. a. m. mit diesem Namen belegt werden.) Ferner

wird Rüböl zur Herstellung von Faktis benutzt, d. h. elastischen Massen, die als Füllmaterial bei der Fabrikation von Gummiwaren dienen. Man gewinnt Faktis durch Behandlung des Öles mit Chlorschwefel bei gewöhnlicher Temperatur (sogenannter »weißer Faktis«) oder durch Erwärmen des Öles mit Schwefel auf 150 bis 180 ° (sogenannter brauner Faktis). In größerem Maßstabe wird auch Rüböl »geblasen«, d. h. in der Wärme mit Luft behandelt, wobei es sich verdickt und ein höheres spezifisches Gewicht annimmt. Das geblasene Rüböl ist ein wichtiges Zusatzmittel für Mineralschmieröle, um deren Viskosität zu erhöhen und auch den Flammpunkt heraufzusetzen. Solche Mischungen von geblasenem Rüböl mit Mineralschmieröl werden z. B. als sogenannte »Marineöle« zum Schmieren der groben Teile der Schiffsmaschinen benutzt.

Die früher die Hauptverwendung ausmachende Benutzung als Brennöl ist heute nur noch rudimentär vorhanden. In Grubenlampen wird es noch verwendet, obwohl es auch hier heute anderen Beleuchtungsarten vielfach gewichen ist. Auf kleineren Eisenbahnen findet man es noch bisweilen, allerdings immer seltener, augenblicklich wird man es in Deutschland wohl kaum mehr hierfür verwenden. In der Seifenfabrikation ist es nur als Zusatz zu verwenden. Es verseift sich ziemlich schwer; die Verwendung bei der Schmierseifenfabrikation wird bevorzugt, da es dann den Seifen eine schöne grüne Färbung verleiht.

Der bei der Raffinierung abfallende Satz, der neben zum Teil verkohlten Eiweißstoffen noch bis zu etwa 10 % Öl enthält, ferner durch die Schwefelsäure gebildete Glyzerinsulfosäure, sowie Sulfofettsäuren, findet in der Verzinnerei (Weißblech) Verwendung und in der Spritfabrikation, vor allem auch bei der Düngemittelfabrikation als Säureersatz bei dem Aufschluß von Phosphaten, teils unmittelbar, teils nach Verarbeitung auf (eine allerdings sehr unreine) Schwefelsäure.

Den Preßrückständen, die als Viehfutter, wohl auch als Düngemittel Verwendung finden, haftet ein eigentümlicher Geruch an, der von einem geringen Gehalt an Allylsenföl herrührt, das aus den den Cruciferensamen eigentümlichen Verbindungen Sinigrin ($C_{10}H_{16}N_{11}S_2KO_9 + H_2O$) und Sinalbin ($C_{39}H_{42}S_2N_2O_{15} + H_2O$) durch ein Ferment, das sogenannte Myrosin (590) entwickelt wird. Die Senföle der verschiedenen Cruciferensamen sind übrigens nicht alle einander gleich.

Kennzahlen: Dichte (15/15) 0,913 bis 0,9175, Brechungsindex (20°) 1,472 bis 1,476, Verseifungszahl 170—180, meist um 175, Jodzahl 95—105, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 11,5—13,5°.

Das Öl selbst wird bei 5—10 stündiger Bewegung bei 9° talgartig.

Chemische Zusammensetzung: Die flüssige ungesättigte Säure des Rüböls ist nach Zöllner (591) die Rapinsäure ($C_{18}H_{34}O_2$), eine der Ölsäure isomere Fettsäure. Von den festen Fettsäuren ist besonders die Erukasäure zu erwähnen, die ein charakteristischer Bestandteil aller Cruciferen zu sein scheint.

Im Rüböl von *Brassica campestris* L. (*Brassica chinensis* L.) aus Shiga fand Y. Toyama (592) 65% Erukasäure und weniger als 2% gesättigte Fettsäuren (Palmitin-, Stearin-, Behen-, Lignozerin- und Arachinsäure). E. Reymond (593) fand, daß hindostanisches Rüböl mehr Linol- und Linolensäure enthalte als europäisches.

Für die europäischen Arten wird als Arachinsäuregehalt 0,5—1,5 % angegeben. Linolensäure ist nach den von Eibner und Muggenthaler (594) bestimmten Hexabromidzahlen in einer Menge von rund 1,5—3 % zugegen.

Bemerkenswert ist der Schwefelgehalt, den Rüböl aufweist. Auf ihm beruht eine zur Erkennung des Rüböls in Ölgemischen oft verwendete Reaktion von Valenta: Ein größeres Quantum Öl wird mit wenig Kalilauge unter häufigem Umrühren erhitzt, dann Wasser zugegeben und die Seifenlösung nach Abtrennung mit einer alkalischen Bleilösung versetzt. Bei rohen Cruciferenölen bildet sich dann eine schwarze Färbung, bzw. Fällung von Bleisulfid. Es ist aber zu bemerken, daß einerseits raffinierte Rüböle diese Reaktion nicht mehr geben, ja sogar kaltgepreßte sie oft nicht ohne besondere Vorbehandlung erkennen lassen, andererseits auch beliebige Extraktionsöle, die durch Extraktion mit Schwefelkohlenstoff gewonnen wurden, die gleiche Reaktion aufweisen. Den Nachweis von Rüböl in Öl-

gemischen erbringt man daher heute ausschließlich durch Isolierung der charakteristischen Erukasäure, sei es nach dem Verfahren von Holde und Marcusson (595).

96. Safloröl. Das Öl wird aus den Früchten oder Samen der Färberdistel, *Carthamus tinctorius* L., gewonnen. Die Heimat der zu den Kompositen gehörenden Pflanze ist der Orient. Wegen der Farbstoffe, die aus den Blüten gewonnen wurden, wurde die Pflanze früher in größerem Umfange in den Mittelmeergebieten kultiviert. Besonders in Indien, Ägypten, China, Südrußland, Ätiopien wird die Pflanze angebaut und die Früchte auf Öl verarbeitet. Die Früchte werden gewöhnlich ohne Entschälung gepreßt. Nach Fendler (597) enthalten die Samen rund 46 % Schale und 54 % Kern, letzterer enthält 50 % Öl. Das goldgelbe Öl ist dem Sonnenblumenöl an Geschmack ähnlich. Die Kennzahlen sind (598): d_{15} = 0,925 bis 0,928, n_{D20} = 1,477—1,478, VZ 186 bis 195, meist über 190, JZ 126—150, Erstarrungspunkt —15° bis —20°. Erstarrungspunkt der Fettsäuren 7—12°, meist über 9°.

Nach Fabris und Settimj sind 90 % der Fettsäuren flüssig und nur 10 % fest. Die letzteren sind hauptsächlich Stearin- und Palmitinsäure, die ersteren Öl- und Linolsäure, auch etwas Isolinolensäure nach Tylaikow (599). Daß jedenfalls geringe Mengen dreifach ungesättigter Säuren vorhanden sind, beweist der Befund von Walker und Warburton (600), die bis zu 1,6 % Hexabromide gewinnen konnten (mit einer Methode, die zweifellos zu geringe Werte ergibt, Verf.). Tylaikow fand ferner, daß das Öl beim Stehen eine bei 60° schmelzende kristallinische Masse ausscheidet, die hauptsächlich aus Palmitinsäure besteht. Das Öl hat erhebliche Trockenfähigkeit, es soll innerhalb von sechs Tagen eintrocknen (bei welcher Temperatur ist leider nicht angegeben). Daher wird es in Indien auch zur Bereitung von Firnissen, besonders zum Wasserdichtmachen von Schiffen benutzt, ferner auch als Speise-, Brennöl und zum Einreiben des Körpers. Ferner soll es in Indien durch zwölfstündiges Erhitzen in eine gelatinöse Masse übergeführt werden, die zur Herstellung von Wachstuch dienen und sich auch als Schmiermittel von Leder und Glaskitt eignen soll. Das Produkt wird »rogkan«, Afridiwachs genannt.

Über die Eignung als Speiseöl sind die Ansichten verschieden. Nach Tylaikow (dessen Öl übrigens die auffallend niedrige VZ 172 und die niedrigste JZ 126 aufwies) ist das Öl den besten Sonnenblumenölen gleich zu setzen, während Fendler es wegen des unangenehmen ranzigen Geschmackes für ungeeignet hält, den es auch in geschlossenen Flaschen bald annehme. Bei Einfuhr in Europa könnte das Öl wohl in der Seifen- und vielleicht auch in der Lackindustrie Verwendung finden.

Carthamusöl von einem Bastard von Saflor hat H. Jumelle (601) untersucht, es hat ähnliche Eigenschaften.

97. Salvadoraceenöle. Es findet sich nur das Samenöl von *Salvadora oleoides* Decne (= *S. persica* L.), Nordafrika, Ostindien, erwähnt (602).

98. Sapindaceenfette.

a) Seifenbaumfett aus den Samen von *Sapindus saponaria* L., Südamerika und *S. trifoliatus* L., Südasien. Das Fett (etwa 10 % Ausbeute) ist bei 15° weiß und fest, bei 20° halbflüssig, bei 25—30° klarflüssig (603). Nach Wiesner werden die Samen auf Martinique und Guadeloupe zur Ölgewinnung benutzt.

Nach A. Kasava-Menon (604) hat das Fett des *S. trifoliat.* die Dichte 0,821 (15°), n_{40} = 1,469, SZ 43, VZ 192, JZ 58.

Es soll medizinisch und zur Seifenfabrikation Anwendung finden. (Die saponinhaltigen Früchte werden zu Waschzwecken in Indien, auch in Frankreich zur Seidenwäscherei benutzt, auch zur Gewinnung von Saponin, von dem das Perikarp nach Dumock bis zu 11,5 % enthält.)

b) Rambutantalg (605) aus den Samen von *Nephelium lappaceum* L. (= *Euphoria nephelium* D. C.), heimisch im malaiischen Archipel, durch Kultivierung in Ostasien verbreitet. Die wichtigste ist *Nephelium glabrum* Nor. Die Samen enthalten etwa 35 % Fett, dessen Fettsäuren zu etwa 45 % aus Ölsäure bestehen, während unter den festen Fettsäuren Arachinsäure und etwas Stearinsäure, aber keine Palmitinsäure vorhan-

den sein soll. Kennzahlen: d_{18} = 0,924, Erstarrungspunkt 38—39°, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 57°, SZ 43, VZ 194, JZ 39.

c) Makassaröl aus den Samen von *Schleicheria trijuga* Willd., hauptsächlich am Fuß des Himalaja, ferner in ganz Indien bis Ceylon und auf Java. Die Samen enthalten 45 % Schalen und 55 % stärkefreien, blausäurehaltigen Kern (Kotyledonen) (606). Letztere enthalten bis zu 70 % Fett (607). Das Öl wird an der Malabarküste durch Auskochen gewonnen.

Bei gelinder Wärme gepreßtes Öl hat die Konsistenz weicher Butter, ist hellgelb und hat milden Geschmack. Kalt gepreßtes und extrahiertes Öl schied sich bald in einen festen und flüssigen Teil. Ersterer zeigte unter dem Mikroskop nadelförmige Kristalle.

Zusammensetzung: Thümmel und Kwasnik (606) fanden in den unlöslichen Fettsäuren 70 % Ölsäure, 5% Palmitinsäure und 25% Arachinsäure, bei den löslichen Essigsäure. Van Itallie fand auch Butter- und Laurinsäure, Wijs (607) fand nur 46 % feste Fettsäuren und unter den flüchtigen ebenfalls Essig- und Buttersäure.

Kennzahlen: d_{15} = 0,924, Schmelzpunkt 21—28°, SZ sehr wechselnd, etwa 15—60, VZ 215—240, JZ 47—55 (Roelofsen: 69) (608).

Makassaröl wird sowohl als Brennöl als auch als Haarwuchsöl und gegen Hautkrankheiten benutzt. Häufig befindet sich als Makassaröl nur gewöhnliches Öl im Handel, das parfümiert und mit Alkanna rot gefärbt ist (609).

d) Das Fett aus den Samen von *Allophyllus racemosus* L. (= *Schmidelia racemosa* D. C.), Südasien, stellt nach Grimme (610) ein braunes kristallinisches Fett dar vom Schmelzpunkt 63°. (d_{75} = 0,898. n_{D60} = 1,463, SZ 137, VZ 242, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 60°.)

e) Die Samen von *Dilodendron bipinnatum*, Brasilien, geben ein als Brennöl dienendes fettes Öl, das nicht näher bekannt ist [s. Peckolt (611)].

f) Akeeöl wird aus den Samen von *Blighia sapida* Gaertn. (*Cuapnia edulis* Sch. u. Th.) gewonnen, die auch zum Teil eßbar sind. Die Samen sitzen nämlich auf einem kurzen fleischigen Träger, der sie am Grunde wie ein Arillus umgibt. Dieser scheinbare Samenmantel ist der einzige eßbare Teil der Frucht, die sonst giftig ist. Vor der völligen Reife ist er übrigens ebenfalls giftig.

Das Öl ist gelb, butterartig, von schwachem Geruch; es schmilzt bei 25—35°. (d_{100} = 0,859, VZ 194, JZ 49, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 38—40°.) Das Fett ist wahrscheinlich wie Palmöl verwendbar.

g) Ein ähnliches Öl soll *Alectryon excelsus*, der Titokibaum Neu-Seelands liefern, sowie *Hornea mauritiana* Bak., Mauritus.

h) Ein flüssiges Fett stellt das hellgelbe, geruchlose Öl von *Paullinea trigona* Vell. (Brasilien) dar. Die gerösteten und gepulverten Samen gelten dort als Heilmittel bei Diarrhöen.

i) Das Öl von *Ungnadia speciosa* Endl. (Texas, Mexiko) wird aus den giftigen Samen gewonnen, deren Genuß Übelkeit und Erbrechen hervorruft. Das hellgelbliche dünnflüssige Öl von angenehm mandelartigem Geschmack hat diese Wirkung nicht. Schaedler (612) gibt an, daß es 18 % Olein und 22 % Palmitin und Stearin enthält. (d_{15} = 0,912, VZ 191 bis 192, JZ 81—82, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 10°.) Das Öl würde sich vorzüglich als Speiseöl eignen. Es wird schwer ranzig.

99. Sapotaceenfette siehe Mahwabutter Nr. 60, Mowrahbutter Nr. 69, Sheabutter Nr. 103, Fulwabutter Nr. 39. Das Öl der Sapotacee *Bomelia obtusifolia*, in der Heimat Brasilien, Bacamicha und Sapitijabeira wird von Peckolt (613) als farbloses, transparentes, geruchloses, nußartig schmeckendes Öl geschildert, das nicht trocknet. Samen und Rindenpulver sind ein beliebtes Volksheilmittel. Der Gehalt der Samen an Öl ist etwa 17 %.

Vier Sapotaceenarten (aus französischen westafrikanischen Kolonien), deren Fette sehr verschiedene Eigenschaften hatten, untersuchte A. Hébert:

Dumoria Heckeli Pierre, die die Dumoributter liefert. Gehalt der Samen an Fett 40%, Schmelzpunkt des Fettes 34°, der Säuren 60°, 33 % ungesättigte, 67 % gesättigte Fettsäuren.

Chrysophyllum d'adzope mit Samen, 10 % Fett vom Schmelzpunkt 4° und dem der Fettsäuren 35°.

Chrys. africanum hatte nur 2 % Fett in den Samen und *Omphalocarpum anocentrum* Pierre 7 % (614).

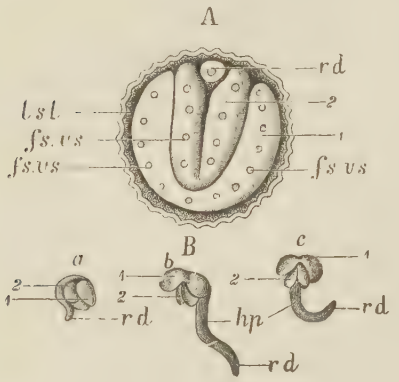


Abb. 15.
A Querschnitt durch einen Samen von *Brassica nigra*. *tst* Testa, *1* äußeres, *2* inneres Keimblatt, *rd* Radicula, *fs vs* Prokambiumstränge. *B* Keimpflanzen von Sareptasenf, *a, b* von der Seite, *c* von vorn. Bezeichnung wie bei *A; hp* hypokotyles Stengelglied. Lupenbild. (W. A. Tichomirow.

Winniops njare (*Baillonea toxisperma*) hat in seinen 10—15 g schweren Samen (ein Drittel entfällt auf die harte Schale) etwa 50 % Fett (d_{40} = 0,898, Erstarrungspunkt bei 31° butterartig erstarrt, VZ 182 bis 188, JZ 56, n_{40} = 1,461, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 44°) (615).

Mohuaöl. Aus den Samen von *Bassia latifolia* Roxb., in Zentralindien, vor allem in Bengalen heimisch. Die Früchte sind eiförmig, fleischiggrün, 3—5 cm lang, etwa 3 g schwer. Die Zahl der Samen beträgt 1—4, sie sind 2,5—3,5 cm lang und 0,64 g schwer. Das Kerngewicht der Samen beträgt 72 %.

Die Kerne enthalten 50—55 % = 35—40 % der Frucht an Fett. Das Fett ist halbfest, schwachgelb, schmeckt unangenehm und hat charakteristischen Geruch. An der Luft bleicht es und kann nach geeigneter Reinigung als Speisefett dienen. Es läßt sich leicht härten und kann dann zur Margarinefabrikation dienen.

Raffination mit Alkali, Desodorierung mit überhitztem Dampf. In Indien dient es als Mittel gegen Hautkrankheiten. Das raffinierte Fett bietet gutes Material für Kerzen- und Seifenfabrikation. Die Preßkuchen sind wegen des Saponingehaltes giftig und können daher nur als Dünger benutzt werden. In Indien benutzt man sie auch als Brechmittel (616).

Palaquium pisang Burck., Sumatra. Die Samen geben 45 % eines bitteren, gelblichen Fettes, das unter dem Namen Balam- oder Siaktalg in den Handel kommt (617).

P. oleosum Blanco, Sumatra. Aus den Samen wird der reinweiße, süßliche »Sunteitalg« gepreßt (618).

P. oblongifolium Burck., Borneo. Liefert den harten, weißen »Njatutalg«, der hauptsächlich aus Stearin und Olein besteht und in Westborneo zu Speisezwecken dient (619).

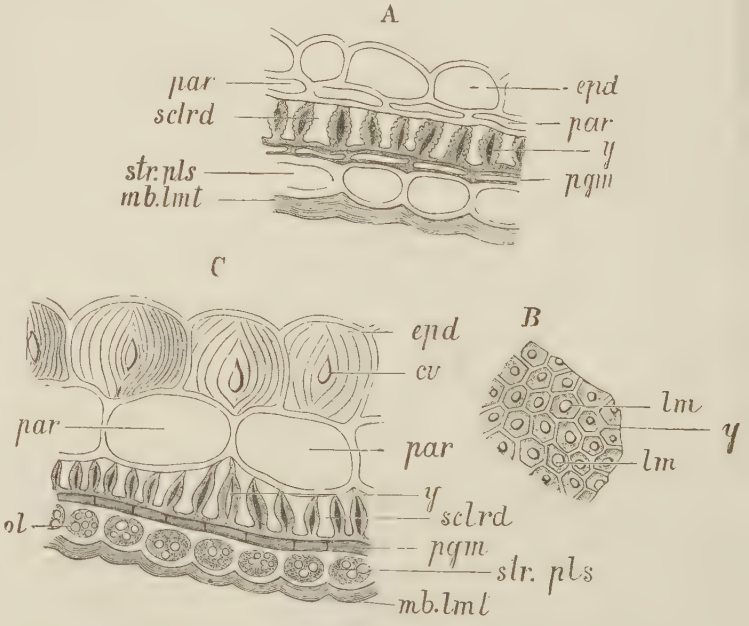


Abb. 16.
Schwarzer und Sareptasenf. *A* Partie eines Querschnitts der Samenschale von Sareptasenf. *B* die Sklereidenschicht in der Aufsicht. *C* Partie eines Querschnitts der Samenschale von schwarzem Senf. *epd* Epidermis, *par* Großzellenschicht, *sclrd* Sklereidenschicht, *pgm* Pigmentschicht, *str. pls* Aleuronschicht mit Öltropfen *(ol)*, *mb. lmt* hyaline Schicht, *lm* u. *cv* Lumen, *y* Mittellamelle. Vergr. 400. (W. A. Tichomirow.)

P. sussu Engl., Neuguinea. Samen liefern Fett (620).

P.-Species (unbek.). Perak, Straits Settlements. Surinfett, »Minyaksuria« (621).

Argania sideroxylon Roem. et Schult, Marokko. Das Öl der Samen (graines d'Argan) dient als Ersatz des Olivenöls (622).

Payena lancifolia Burck., Borneo. Die Samen geben »Kelakkifett«. Es wird als Speisefett in Westborneo benutzt (618).

Pay. latifolia, Bangkainseln. Liefert den Minjaktalg, Bengkatalg, ein hell gefärbtes, bei 4° festes Fett, das angenehmen Geruch und Geschmack nach bitteren Mandeln besitzt (618).

Pay. bankensis Burck., Westborneo. »Ketianöl, Katianufett« (623).

100. Saxifragaceenöl. Stachelbeersamen aus Mexiko von *Thuja blanca*, enthalten etwa 10 % grünlichgelbes, geruchloses, schwach trocknendes Öl (624).

101. Scrophulariaceenöle. Es wird nur eins genannt. *Paulownia imperialis* Sieb. et Zucc. (= *P. tomentosa*) liefert Samen, aus denen in Japan ein trocknendes Öl gewonnen wird (abura toi), das zum Präparieren gewisser Papiersorten verwendet wird (625).

102. Senföle. Die Senföle werden aus den Samen der Cruciferen: Schwarzer Senf [*Brassica nigra* L. Ö. (*Sinapis nigra, Melanosinapis communis, Brassica sinapoides*)] und weißer Senf (*Sinapis alba* L.) gewonnen (Abb. 15—19). Auch von der im südlichen Asien und nordöstlichen Afrika wild wachsenden und dort, sowie auch im südöstlichen Rußland in großem Maßstabe kultivierten *Brassica juncea* L. Koch (*Sinapis juncea* L.), wird als Nebenprodukt bei der Senfmehlgewinnung Senföl gewonnen. Die einander recht ähnlichen Öle der verschiedenen Abarten haben folgende Eigenschaften.

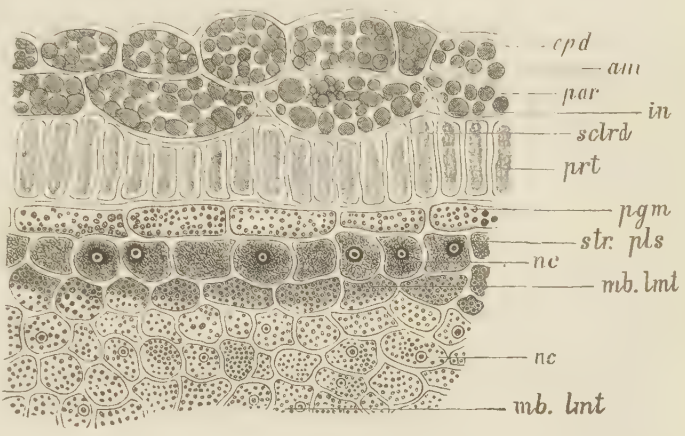


Abb. 17.
Sareptasenf. Partie eines Querschnitts durch die Samenschale und des Endosperms des unreifen Samens in Chloralhydrat. Bezeichnung wie in Abb. 16. *am* Stärkekörner, *nc* Zellkern, *in* Interzellularen, *prt* protoplasmatischer Inhalt. Vergr. 400. (W. A. Tichomirow.)

	Schwarzsenföl aus *S. nigra*	Weißsenföl aus *S. alba*	Sarepta-Senföl*) aus *S. juncea*
Gehalt der Samen an Öl	etwa 30 %	etwa 35 %	etwa 30 %
Farbe des Öls	bräunlichgelb	goldgelb	hellgelb
Geschmack	milde	scharf	ähnlich wie Schwarzsenföl
Geruch	schwach nach Senf	scharf	ähnlich wie Schwarzsenföl
Dichte (15°)	0,916—0,920 meist (0,917—0,918)	0,912—0,916	0,916—0,920
$n_{D_{40}}$	1,465	1,465	1,466
Verseifungszahl	173—176 (182 ?)	170—175	172—180
Jodzahl	99—120 (meist 103—115)	92—103	102—109
Erstarrungspunkt der Fettsäuren	etwa 15°	etwa 15°	—

*) Nach Ascherson-Graebner von *Brassica lanceolata*.

a) Das Schwarzsenföl enthält Arachinsäure, Erucasäure, nach Goldschmidt auch Behensäure, ferner eine ungesättigte, als Senfölsäure bezeichnete Fettsäure, die vielleicht mit Rapinsäure identisch ist. Der Schwefelgehalt ist nur gering. Schwarzsenföl wird nur wenig, dann zur Seifenfabrikation verwendet.

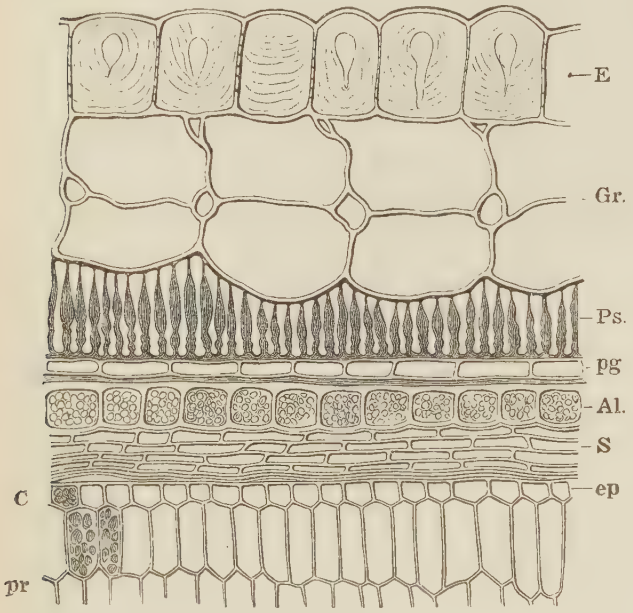


Abb. 18.
Querschnitt durch die Randpartie des Samens von *Sinapis alba*. *E* Schleimepidermis, *Gr* Großzellenschicht, *Ps* Sklereidenschicht, *pg* Parenchymzellenschicht an Stelle der Pigmentschicht, *Al* Aleuronschicht, *S* hyaline Schicht, *C* Kotyledonargewebe, *ep* Epidermis, *pr* Parenchym. Vergr. 400. (A. Vogl.)

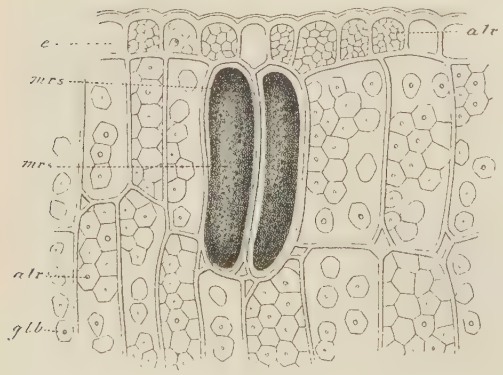


Abb. 19.
Partie eines Querschnitts durch ein Keimblatt von Sareptasenf, in Millons Reagens behandelt. *e* Epidermis der Oberseite, *alr* polyedrische Aleuronkörner, *glb* Globoide, *mrs* Myrosinzellen (ziegelrot gefärbt). Vergr. 1200. (W. A. Tichomirow.)

Von dem 30 % und mehr betragenden Ölgehalt können nur 20 % ausgepreßt werden, da sonst das Myrosin geschädigt wird, dessen Gegenwart zur Ausbeutung der Preßrückstände auf ätherisches Senföl (das nicht mit dem fetten Öl zu verwechseln ist) notwendig ist. Das Myrosin ist ein Ferment, das die Spaltung des myrosinsauren Kalis bewirkt:

$$\underset{\text{Myrosinsaures Kali}}{C_{10}H_{18}KNS_2O_{10}} = \underset{\text{Zucker}}{C_6H_{12}O_6} + KHSO_4 + \underset{\text{Allylsenföl (äther. Senföl)}}{CN{-}S{-}C_3H_5}$$

Das Gehalt an ätherischem Öl ist nach Huber und van der Waelen 0,63—1,23 %. Diese Autoren geben an, daß das fette Öl nach Filtration über Walkerde auch als Speiseöl verwandt werden kann.

b) Das Sarepta-Senföl, das hauptsächlich in Rußland als Speiseöl verwendet wird, besteht nach L. Farcy aus etwa 5,6 % gesättigten Fettsäuren, 78 % Säuren der Ölsäurereihe, 9,5 % der Linolsäurereihe und 6.5 % der Linolensäurereihe.

c) Das Weißsenföl hat ähnliche Zusammensetzung wie das Schwarzsenföl, es enthält an Stelle des myrosinsauren Kalis ein von Will gefundenes Glukosid (Sinalbin), das vom Myrosin in Zucker, saures schwefelsaures Sinapin und Rhodanacrinyl zersetzt wird. Der letzten Verbindung (C_8H_7NSO) ist die scharfe und blasenziehende Wirkung des weißen Senfs und des englischen Senfmehles (d. h. den gepulverten Preßrückständen) zuzuschreiben. In Indien wird das Weißsenföl als Brennöl angewendet, auch als Schmieröl. Es hat wenig Handelsinteresse.

d) *Sinapis arvensis* liefert aus den Samen etwa 30 % Öl (amerikanisches Ackersenföl), das dem weißen Senföl gleicht.

103. Sheabutter (Karitébutter, Galambutter, Djaveöl) wird aus den Samen des *Butyrospermum Parkii* (G. Don.)

Kotschy = *Bassia Parkii* D. C. (Sapotacee) gewonnen. Der Baum kommt im tropischen Westafrika, Oberguinea, südlichen Nigergebiet, Togo, auch in einer Abart *(niloticum)* im zentralafrikanischen Seengebiet vor. Nach J. E. Southcombe unterscheidet man zwei Abarten, von denen die eine die Sheanüsse (Schinüsse) und die andere die Karitènüsse liefert. Letztere liefern weniger Fett (32—35 % gegenüber 50—54 %) von niedrigerem Schmelzpunkt und höherer Jodzahl.

Die Frucht ist eine eiförmige Beere von 4 cm Länge und 3—3,5 cm größter Breite, umhüllt von einem buttrigen Perikarp mit meistens nur einem Kern, etwa 2,5 cm lang und 1,7 cm breit.

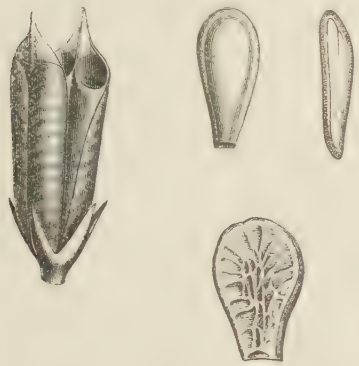


Abb. 20.
A Offene Kapsel von *Sesamum indicum,* nat. Gr. *B* Same von *S. indicum, C* derselbe im Längsschnitt. *D* Same von *Sesamum radiatum. B—C* Lupenbilder.

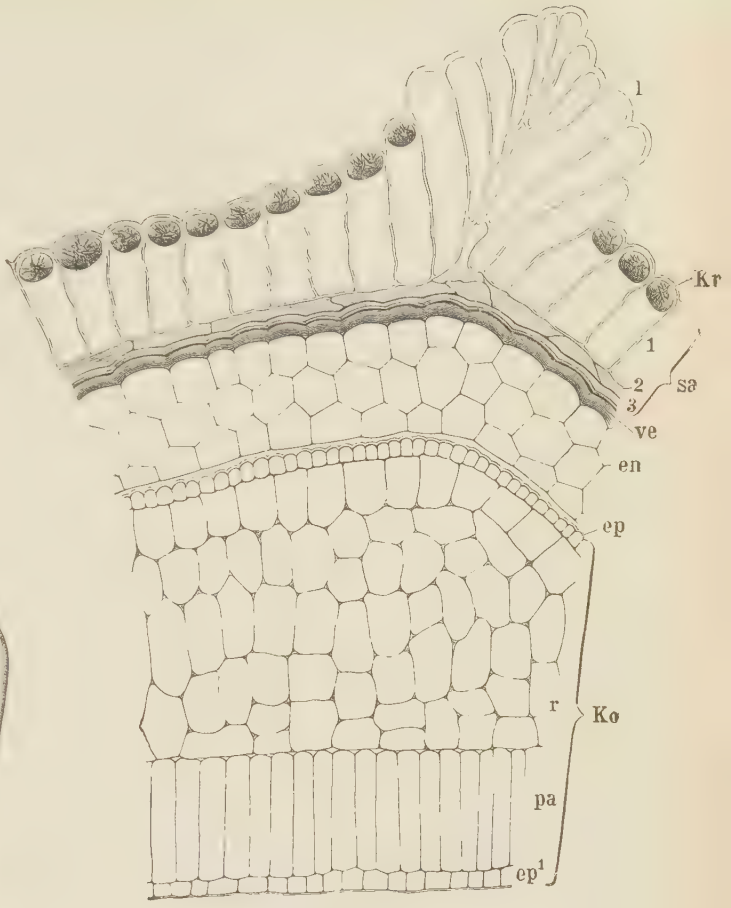


Abb. 21.
Sesamum indicum, weißer Same. Partie eines Querschnitts in der Leistengegend. *sa* Samenschale: *1* Palisadenschicht, *Kr* Kalziumoxalatdrusen, *l* Leiste, *2* einreihiges Parenchym, *3* obliteriertes Gewebe (in Chlorzinkjod gelb). — *en* Endosperm: *ve* stark verdickte Außenmembran der ersten Zellreihe, der dicke Strich die gut entwickelte Kutikula. — *Ko* Keimblatt: *ep* Epidermis der Außen-, *ep'* die der Innenseite, *pa* Palisadenparenchym, *r* typisches Parenchym. Vergr. 350.

Gewinnung: Nach Semler (626) werden die Samen zunächst einer Gärung unterworfen, um das Fruchtfleisch zu lockern, dann geröstet und die dadurch spröde gewordenen Schalen durch Schlagen mit Knüppeln zerbrochen. Nach Beseitigung der Schalen werden die Kerne zerstoßen und ausgekocht. Das vom Wasser abgeschöpfte Fett wird nach Erstarren in etwa 1 kg schwere Brote geformt und in Umhüllung von Baumblättern auf den Markt gebracht.

Äußere Eigenschaften: Sheabutter ist bei gewöhnlicher Temperatur etwa von Butterkonsistenz und weißer bis schwach grauer Farbe. Geschmack und Geruch sind mild, schwach kakaoartig. Ranzidität tritt schwer ein.

Kennzahlen: Schmelzpunkt 23 bis 30°, Verseifungszahl 176—188°, Jodzahl 50—60°, Brechungsindex (40°) 1,464 bis 1,4665, Erstarrungspunkt der Fettsäuren meist 48—52°.

Chemische Zusammensetzung: Nach Southcombe (627) enthält das Fett etwa 60% Ölsäureglyzerid, 30—35% der Fettsäuren bestehen aus

Stearinsäure und 3—4% aus Laurinsäure, vielleicht auch etwas Linolensäure. Auffallend hoch ist die Menge der unverseifbaren Anteile, die allerdings sehr wechselnd angegeben wird, so fand Stohmann (628) 3,5%, De Negri und Fabris (629) zwischen 5 und 15%.

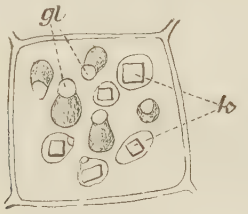


Abb. 22.
Sesamum indicum. Eine Zelle aus dem Endosperm in Terpentinöl mit den Aleuronkörnern und deren Einschlüssen. *k* Kristalloide, *gl* Globoide. Vergr. 600.

Verwendung: Die Hauptverwendung findet Sheabutter im Produktionslande. Nach Zech (630) spielt bei den westafrikanischen Inlandsstämmen die Sheabutter etwa die Rolle, die Olivenöl in Italien inne hat. In Europa wird Sheabutter in der Seifen- und Kerzenindustrie verwendet. Obwohl die Sheabutter mit Natron eine weiße, feste Seife gibt, soll sie nach Lewkowitsch doch nicht recht für die Seifenindustrie geeignet sein wegen der großen Menge an Unverseifbarem.

Abb. 23.
Sesamum radiatum, grünlichbrauner Same. Partie eines Querschnitts durch die Samenschale. Bezeichnung wie in Abb. 22. Vergr. 350.

Die Preßrückstände stellen ein wertvolles, den Palmkernkuchen gleichwertiges Futtermittel dar mit 16—18% Rohprotein und 12—16% Rohfett.

Statistische Angaben fehlen so gut wie vollständig. Die Hauptmenge verbleibt unzweifelhaft im Produktionslande. Um die Jahrhundertwende betrug die Ausfuhr aus Togo um 40 000 kg (631).

Die Preßrückstände enthalten bei einem Eiweißgehalt von 16—18% noch 12 bis 16% Fett und stellen ein dem Palmkernkuchen gleichzuachtendes Futtermittel dar.

104. Sesamöl. Das Sesamöl wird aus den Samen von *Sesamum indicum* L., einer Pflanze aus der Familie der Pedaliaceen gewonnen (Abb. 20—23). Eine Abart ist *S. orientale* D. C. Auch eine andere Art wird in Afrika viel kultiviert (*S. radiatum* Schum. et Thonn.), die sich von den echten Sesampflanzen durch die beränderten und von netzförmigen Streifen bedeckten Samen unterscheidet. Die Samen des echten Sesams sind eiförmig, abgeplattet, etwa 4 mm lang, 1,5—2 mm breit und etwa 1 mm dick. Die Samenkapsel, aus der die Samen sich leicht ablösen lassen, springt bei der Reife mit zwei Klappen auf.

Die Sesampflanze wird seit Urzeiten in allen wärmeren und tropischen Gegenden kultiviert.

Gewinnung: Der stets vorhandene Staub wird zunächst abgesiebt oder durch Windsichtung abgeblasen. Die gereinigte Saat wird in verschiedener Weise gepreßt. Z. B. wird für die Gewinnung von Öl zu Speisezwecken die Saat geschält, da die Pressung mit den Schalen ein dunkleres und bitter schmeckendes Öl ergibt. Die Pressung wird bisweilen in drei Stadien vorgenommen. Nach der ersten, kalt ausgeführten Pressung wird das Preßgut mittels geeigneter Mühlen (Schlagkreuzmühlen) zerkleinert und einer weiteren Pressung unterworfen. Die nun erhaltenen Rückstände werden nach abermaliger Zerkleinerung zum dritten Male, nun aber warm, gepreßt. Bei diesem Verfahren gewinnt man bei der ersten Pressung etwa 35% Öl, bei der zweiten 12% und bei der dritten 6%, im ganzen also etwa 53% Öl, bei einem Ölgehalt des Samens von 56 bis 58%. Bei geringeren Ölgehalten des Samens fallen die Ausbeuten entsprechend geringer aus. Die Ölgehalte des Sesamsamens schwanken beträchtlich. Bei indischer Saat fand Leather (632) zwischen etwa 47 und 50%, Hedebrand (633) fand bis zu fast 53% in indischen Samen und bis zu fast 57% in Levantesaat. Im Durchschnitt beträgt der Gehalt an Öl rund 50%.

Außer der dreifachen Pressung werden auch nur zwei Pressungen ausgeführt, sei es, daß beide warm, oder nur die zweite

unter Erwärmen vor sich geht. Zur Gewinnung von Speiseöl und Ölen zur Speisefettfabrikation (Margarine) muß das Öl oft raffiniert werden. Dies geschieht durch Entsäuern mittels Natronlauge und Entfernung der gebildeten Seifen, durch Behandeln mit Wasserdampf zur Entfernung der Geruchsstoffe. Ferner gewinnt man auch durch Abkühlen und Abpressen der sich ausscheidenden Glyzeride ein kältebeständiges Öl und als Preßrückstand sogen. »Sesamstearin«.

Äußere Eigenschaften: Kalt gepreßtes Sesamöl ist mild von Geschmack, fast geruchlos und hellgelb. Warm gepreßtes ist dunkler und weist einen kratzenden Geschmack auf, der nach Tsujimoto (634) auf Oxydationsprodukte ungesättigter Fettsäuren zurückzuführen ist.

Kennzahlen: Spez. Gewicht bei 15° 0,922—0,924, Brechungsindex bei 20° 1.475—1,476, Verseifungszahl 188—195, Jodzahl 100—115, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 21—24°.

Chemische Zusammensetzung: Sesamöl besteht aus den Glyzeriden der Öl- und Linolsäure (zusammen etwa 80%) und Stearin- und Palmitinsäure (zusammen etwa 14%). Aus der Jodzahl der flüssigen Fettsäuren [140 nach Lane (635)] würde sich ein Gehalt an Ölsäure von etwa 50 % und ein solcher an Linolsäure von etwa 30% errechnen. Charakteristisch für Sesamöl ist das Sesamin, das sich neben dem üblichen Phytosterin im »Unverseifbaren« findet, einem schön kristallisierenden Körper. Heiduschka und Denneler (636) fanden den Schmelzpunkt zu 122,5° und geben die Formel $C_{20}H_{19}O_6$.

Das Sesamin färbt sich mit Essigsäureanhydrid erst grün, um dann rasch rot bis violett zu werden.

Charakteristisch für Sesamöl ist die Baudouinsche Reaktion. Schüttelt man Sesamöl mit zuckerhaltiger Salzsäure oder nach Villavecchia und Fabris (637) mit Salzsäure und einigen Tropfen alkoholischer Furfurollösung, so entsteht eine intensive rote Färbung. Über den Träger dieser Reaktion sind die Meinungen noch geteilt. Nach Merkling (638) ist er ein alkohollösliches dickes Öl. Auch die Reaktion von Soltsien (639) ist anwendbar, unter Umständen sogar der Baudouinschen vorzuziehen, da der Träger dieser Reaktion mit Salzsäure dem Öl nicht entzogen wird, wie der der Baudouinschen. (Die Ausschüttelung des Öles mit Salzsäure wird notwendig, wenn Speisefette usw. vorliegen, die mit Teerfarbstoffen gefärbt sind.) Die Soltsiensche Reaktion besteht im Schütteln des Öles mit salzsäuregesättigter Zinnchlorürlösung (Bettendorfs Reagens), wobei die Zinnchlorürlösung rot gefärbt wird. Es sei noch erwähnt, daß nach Utz (640) auch Butter vereinzelt die Reaktion geben kann, wenn die Kühe mit Sesampreßkuchen gefüttert werden.

Verwendung: Die Öle der ersten Pressung gehen in die Speisefettindustrie, soweit sie nicht unmittelbar, sei es für sich, sei es mit Olivenöl gemischt, als Salatöl und dergleichen verwendet werden. In Deutschland ist bei der Margarine ein Gehalt von 10% Sesamöl vorgeschrieben, um mittels der Baudouinschen Reaktion leicht Margarine von Butter unterscheiden zu können (s. oben). Die geruchlosen Öle erster Pressung dienen auch bei der sogen. »Enfleurage« zur Extraktion der Duftstoffe aus Blüten (Jasmin, Tuberose, Orange usw.). Die Öle zweiter und dritter Pressung finden lediglich zu technischen Zwecken Verwendung, insbesondere in der Seifenfabrikation. Hier wird — besonders in Frankreich — auch extrahiertes Öl (huile de rabat) benutzt.

Der Bodensatz des Öles soll nach Semler (641) zur Bereitung von chinesischer Tusche Verwendung finden.

Die Preßkuchen endlich sind ein begehrtes Futtermittel; sie enthalten etwa 35 bis 40% Protein, bis zu 15% Fett und erhebliche Mengen von Phosphorsäure, auf die die knochenwuchsfördernde Wirkung der Sesamkuchen zurückgeführt wird.

Statistisches: Die in Britisch-Indien erzeugte Menge von Saat wird auf 486 000 Tonnen bei einer Anbaufläche von 5 014 000 Acres geschätzt. In Deutschland betrug die Einfuhr von Saat 1921 29 497 t gegenüber 116 039 t im Jahre 1913, davon stammten aus China 23 147 bzw. 79 060 t. Der Rückgang betraf hauptsächlich Saat aus Britisch-Indien (1921: 1690 t, 1913: 32 024 t). Bei der Ölstatistik wird leider Sesamöl und Kottonöl zusam-

mengeführt, so daß sich ein klares Bild nicht ergibt.

105. Simarubaceenfette.

a) Dikafett (Dikabutter) ist das Fett des Samens von *Irvingia gabonensis* Baill. (einschließlich *Irv. Barteri* Hook fil.) (Simarubacee). Das Fett [60—66 % des Samens, nach Lewkowitsch (642) etwa 55 %] wird durch Auskochen oder Pressen erhalten (643).

Nach anderen Angaben ist die Anacardiacee *Mangifera gabonensis* die Stammpflanze (644), doch hält Wiesner es bei der Ähnlichkeit der beiden Pflanzenfamilien für möglich, daß die genannten Pflanzen miteinander identisch sind.

Frisches Dikafett ist weiß, von charakteristischem milden Geruch und Geschmack. Beim Aufbewahren wird es leicht ranzig und gelb (645). d_{15} = 0,9195, Schmelzpunkt 39—41°, VZ etwa 245, JZ 5—10. Milliau (643) fand (rund) 19% Laurinsäure, 65% Myristinsäure und Homologe, 10% Ölsäure und 13% Glyzerin.

Verwendung findet das Fett in der Kerzenfabrikation, besonders in Frankreich, wo es aus den am Gabonfluß gelegenen Kolonien bezogen wird, und als Ersatz für Kokosöl in der Seifenindustrie. Auch als Ersatz für Kakaobutter, in der es schwer nachzuweisen ist (646), soll es benutzt werden.

Das Fett von *Irvingia Smithii* hat nach Pieraerts (647) den Schmelzpunkt 38 bis 39°, Erstarrungspunkt etwa 37°, SZ 7, VZ 237, JZ 3, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 32—29,8°.

b) Taributter von *Picramnia tariri* D.C. (Guayana), *P. camboita* Engl. (Brasilien), *P. lindeniana* Tul. (Guatemala). Die etwa kaffeebohnengroßen Samen enthalten etwa 67% Fett vom Schmelzpunkt 47° (648). Aus Äther kristallisiert es in prächtigen perlmutterglänzenden Kristallen. Das Fett der *P. Lindeniana* hat nach Grimme (649) d_{50} = 0,888, Schmelzpunkt 40°, VZ 193, JZ 57, n_{50} = 1,4608.

Das Fett von *Picramnia carpinthera* (»Semilla grassa« genannt) hat nach Grimme (649) d_{15} = 0,9125, Schmelzpunkt 51°, VZ 156 (der Fettsäuren aber 192!), JZ 64, n_{50} = 1,463. Es wurde Palmitinsäure, Taririnsäure, Ölsäure und Myristinsäure nachgewiesen.

c) Das als Ko-Sam-Öl bezeichnete Samenöl der Simarubacee *Brucea sumatrana* Roxb. besteht nach Power und Lees (650) aus Glyzeriden der Stearin-, Palmitin-, Öl- und Linolsäure und enthält einen gesättigten Kohlenwasserstoff $C_{31}H_{64}$ (Hentriacontan) und einen optisch aktiven, kristallinischen Körper $[\alpha]_D$ = —37,7°, Schmelzpunkt 130—133, der mit Cholesterin verbunden ist (identisch mit Quebrachol, Cuprol, Cinchol).

106. Smilaceenöle. Nur das Öl der Samen von *Paris quadrifolia* (Einbeere) ist der Menge nach festgestellt (17%) (651).

107. Sojabohnenöl. Die Sojabohne, *Soja hispida* Mönch. = *Glycine hispida* Maxim. (*Dolichos soja* L.), ist eine der wichtigsten Kulturpflanzen Ostasiens, die, in China heimisch, heute dort (namentlich in der Mandschurei), in Japan und Indien im großen angebaut wird. Nach der Gestalt und Farbe der Samen werden zahlreiche Rassen bzw. Varietäten unterschieden (652). In Tonkin (Hinterindien) wurden 185 Typen isoliert, die in reinen Linien fortgepflanzt und beobachtet werden sollen (671). Man hat auch versucht, die Sojabohne in Deutschland und Österreich zu kultivieren (653); doch gaben diese Versuche keine günstigen Resultate, da die Pflanze in unserem Klima nicht immer zur Reife gelangt.

Über die Anbauergebnisse in den Jahren 1917 und 1918 mit gelbsamiger Sojabohne in Österreich berichten R. Kuráz und W. Himmelbaur (654). Die Versuche haben die von Kuráz (655) bei Anbauversuchen in den Jahren 1914—1916 gemachten Erfahrungen bestätigt. Nach Zlataroff und Trifonow (670) sind die klimatischen Bedingungen Bulgariens nicht ungünstig für den Anbau. D. H. Wester gibt an, daß bei Anbauversuchen in Delft die nicht ganz reif geernteten Bohnen durch Aufhängen nachgereift wurden, sie hatten dann bei normalem Ausziehen einen Fettgehalt von 18%. In Amerika haben sich von 800 Varietäten nur 45 bewährt.

Über einige in Kamerun angebaute Sojabohnen von Cl. Grimme s. (656). Die Untersuchung erstreckte sich auf vier Sor-

ten, und zwar: »Pingen«, schwarz gefärbt, von nierenförmigen, mehr bohnenähnlichen Umrissen, gehörend zu *Soja hispida platycarpa* var. *melanosperma* Hz., »Cloud«, zu *Soja hispida* var. *atrosperma* Hz. gehörend, ebenfalls schwarz, doch kurz oval und gedrungen, »Haberlandt«, gelb, fast kugelig, und »Swau«, weißlich gelb, gedrungen und walzenförmig. Die beiden letzteren gehören zu *Soja hispida tumida* var. *pallida* Roxb. Bestimmt wurden äußere Merkmale, wie Farbe und Aussehen, Länge, Breite und Dicke, 1000-Korngewicht, sowie Rohnährstoffe und verdauliche Nährstoffe und der Ölgehalt. Die schwarzen Sorten liefern die ölreichsten Samen, somit würde sich deren Anbau am meisten lohnen, wenn nicht das Korngewicht bedeutend niedriger wäre als bei den hellen Sorten. Es muß deshalb die geerntete Samenzahl bei der Sortenauswahl ausschlaggebend sein. — Als Anstrichöllieferanten eignen sich wiederum am besten die schwarzen Sorten im Einklang mit ihrer durch die höhere Jodzahl bedingten stärkeren Trockenkraft, wobei die Sorte »Pingen« als alleinige Vertreterin der Art *Platycarpa* einen großen Vorsprung vor den drei anderen hat.

Den Ätherextrakt von Sojabohnenblättern untersuchte E. M. Nelson (657). Die getrockneten Blätter enthielten 3—6% Ätherextrakt mit einer Jodzahl 109 bis 126. Nach Entfernung des Unverseifbaren betrug die Jodzahl 112—113. Das gereinigte Öl eignet sich nach Nelson zur Herstellung von Malerfarben.

Gewinnung: Das Sojaöl wird sowohl im Ursprungslande der Pflanze gewonnen, wie auch in den einzelnen Ländern aller Erdteile aus eingeführten Sojabohnen.

Nach Oeken (658) werden in der Mandschurei (Daira) die erbsengroßen Bohnen zunächst zu 2 mm dicken flachen Scheibchen gewalzt, diese dann in 6 cm hohen Schichten auf einem Sacktuch in Chargen von je 29,6 kg ausgebreitet und dann wird Wasserdampf hindurchgeleitet. Die so gedämpften Bohnen werden dann von Kulis mit nackten Füßen in Eisenringe eingetreten und dann mit 75 Atmosphären und schließlich unter 150 Atmosphären Druck gepreßt. Die Ölausbeute beträgt etwa 9%. Das Öl ist stark durch Eiweiß verunreinigt, dessen Entfernung dem genannten Autor anfangs große Schwierigkeiten bereitet hatte. Auch eine Extraktionsanlage wird von Oeken beschrieben, bei der 15% Öl gewonnen wurden, während noch 2% im Rückstand verbleiben. Eine der Ölmühlen härtet gleich an Ort und Stelle die ganze Produktion. Über die Menge der erzeugten Bohnen gibt Oeken an, daß 1915 3 Millionen Tonnen Bohnen gewonnen wurden, wovon etwa drei Viertel ausgeführt wurden, und zwar 30 % als Bohnen, der Rest als Preßkuchen und Öl (Verhältnis von Öl zu Kuchen etwa 1 zu 10).

Nach L. P. Newzek (659) beträgt der Ölgehalt der Sojabohnen im Mittel 19%. Nach Zlataroff und Trifonow (670) enthält die minderwertige chinesische Bohnenart *Phaseolus radiatus* (sog. Papucha), die oft mit der Sojabohne verwechselt werden soll, nur 1,2—1,9% Fett. In Europa werden zwei oder drei Pressungen ausgeführt. Die letzten beiden dann unter Erwärmen. Das Öl dritter Pressung, das dunkel ist, und höheren Gehalt an freien Fettsäuren aufweist, wird nach W. Schäfer (660) mit Natronlauge von 30° Bé raffiniert, indem es zunächst mit der Lauge kalt verrührt und dann auf 50° erwärmt wird. Das abgesetzte Öl wird dann mit verdünnter Salzsäure und Wasser gewaschen und schließlich mit Bleicherde aufgehellt.

Äußere Eigenschaften: Das Sojabohnenöl ist im allgemeinen ziemlich hell gelb, doch kommen auch rötliche, grünstichige und bräunliche vor. Nach Nemzek (a. a. O.) sollen gute Öle nicht dunkler sein als eine Lösung von 1 g Kaliumbichromat in 100 ccm Schwefelsäure (d = 1,84).

Der Geruch ist sehr schwach, der Geschmack bei reinen Ölen nicht unangenehm, bei Ölen zweiter Pressung oder älteren Ölen aber kratzig und scharf.

Kennzahlen: Nach Niegemann (661) kommen zwei Arten von Ölen vor, was von Wolff (662) bestätigt wird. Die beiden Typen sind in folgender Aufstellung als a) und b) bezeichnet:

Spez. Gewicht ($^{15}/_{15}$) 0,9245—0,927, Brechungsindex ($n_{D_{15}}$) 1,4765—1,4775, Verseifungszahl a) 188—194, b) 204—212, Jodzahl a) 120—136, b) 107—130, Erstar-

rungspunkt der Fettsäuren a) 22—25°, b) 14—18°.

Bei Reinheitsprüfung ist auf die Zusammengehörigkeit der Werte zu achten.

Der Gehalt an freien Säuren beträgt um 2%, bei guten Ölen (Speiseöl) nur 0,5%. Bei minderwertigen oder älteren Ölen steigt der Gehalt auch bis auf etwa 6%.

Chemische Zusammensetzung: 20% des Öles sind Glyzeride gesättigter Fettsäuren, die zum größten Teil Palmitinsäure enthalten sollen. Der Rest besteht, bis auf etwa 1,5 % unverseifbarer Stoffe (meist Phytosterin), aus ungesättigten Fettsäuren. Matthes und Dahle fanden (663) an ungesättigten Fettsäuren (bezogen auf das Gesamtöl) 55 % Ölsäure, 20% Linolsäure und 5% Linolensäure. Taverne (664) gibt an, daß außer der gewöhnlichen Linolsäure auch ein Isomeres dieser Säure vorhanden ist. Auch fand er Stearinsäure. W. F. Banghmann und G. S. Jamieson (665) untersuchten ein Sojaöl genauer und gaben die Zusammensetzung folgendermaßen an:

Linolensäure-Glyzerid	2,6 %
Linolsäure-Glyzerid	51,5 %
Ölsäure-Glyzerid	33,4 %
Palmitinsäure-Glyzerid	6,8 %
Stearinsäure-Glyzerid	4,4 %
Arachinsäure-Glyzerid	0,7 %
Lignozerinsäure-Glyzerid	0,1 %
Unverseifbares	0,6 %

Über das fettspaltende Ferment, die Sojabohnenurease, wurde ziemlich viel gearbeitet. Nach A. W. Dox (666) ist der Gehalt bei gesunden Samen ziemlich konstant. Beziehungen zwischen Urease- und Proteingehalt waren nicht ersichtlich. Nach D. H. Wester (667) waren selbst sehr alte Proben aus dem Hamburger und Haarlemer Kolonialinstitut sehr gehaltreich an Urease, am wenigsten die aus Deutschland und Kamerun stammenden Sorten.

Verwendung: Im Ursprungslande dient das Sojabohnenöl unmittelbar als Speiseöl. Die Hauptverwendung lag und liegt auch heute wohl auf dem Gebiete der Seifenindustrie, in der es als Ersatz einerseits für Kottonöl, andererseits für Leinöl verwendet wird. Es gibt glatte und gut schäumende Schmierseifen, wenn neben Leinöl 30—50% angewendet werden. Auch zur Speisefettgewinnung wird es benutzt. In der Lackindustrie hat es sich keinen Eingang verschaffen können, doch soll es nach Meister (668) als Zusatz zu Firnissen verwendbar sein, wenn man fertigen Sojaölfirnis in höchstens 30% betragendem Zusatz mit Leinölfirnis zusammen verwendet, wobei die Firnisse aber getrennt zu kochen sind, da die Ölmischung bei der Firnisbereitung angeblich schlechtere Trocknung bewirkt. Nach Felix Fritz (669) ist es auch zur Linoleumfabrikation zu verwenden. Auch zur Herstellung von Faktis dürfte das Öl geeignet sein.

Die Sojapreßkuchen geben ein gutes Milchfutter ab; sie haben einen hohen Eiweißgehalt (etwa 40—45%) von guter Verdaulichkeit (etwa 90% und mehr), etwa 25—35% Kohlehydrate von annähernd gleicher Verdaulichkeit, noch zwischen etwa 6 und 12% Öl. In der rund 5% betragenden Asche sind 30% Phosphorsäure und 45% Kali enthalten. Wegen des Stickstoff-, Phosphorsäure- und Kaligehaltes dienen die Kuchen auch als Düngemittel.

Im Ursprungslande wird aus den Sojabohnen eine Reihe von Nahrungs- und Genußmitteln hergestellt: Suppen, Käse, Sojasoße. Letztere wird durch Kochen der Bohnen mit Weizen zusammen und Vergärung des Breies mit Hefe gewonnen und dient in Japan als beliebtes Gewürz an Stelle von Salz.

Statistik: Die Welternte an Sojabohnen betrug 1920 4,176 Millionen Tonnen, von denen China 3,352 Millionen Tonnen lieferte, 0,431 Japan, 0,348 Korea und 0,058 Amerika.

108. Solanaceenöle s. a. Tomatensamenöl Nr. 114.

a) Bilsenkrautsamenöl aus den Samen von *Hyoscyamus niger* L. Auf allen Kontinenten außer den arktischen und tropischen Gebieten verbreitet. Nach Mjöen (672) ist das Öl der kleinen flachen Samen (1—1,3 mm lang und 1 mm breit) gelb, ziemlich dickflüssig, schwach fluoreszierend und stark trocknend. Bei etwa + 1° scheidet es feste Bestandteile aus und bei —1° ist es ganz zäh. (d_{15} = 0,939, VZ 170—171, JZ 138, nach Schwanert 156.) Es soll gegen Rheumatismus und Gicht verwendet werden, ist aber ohne Bedeutung.

b) Belladonnaöl (Tollkirschenöl) aus den Samen von *Atropa belladonna* L. Die Samen sollen in Württemberg gepreßt worden sein (heute wohl kaum noch). Das ungiftige trocknende Öl wurde zu Speise-, Brenn- und Schmierzwecken verwendet (673).

c) Tabaksamenöl aus den Samen von *Nicotiana tabacum* L. (Heimat Zentral- und Südamerika, heute fast überall angebaut) gepreßt, ist ein schwach trocknendes Öl von angenehmem Geruch und grünlichgelber Farbe. (d_{15} = 0,923, Erstarrungspunkt —25°, VZ 190, JZ 118.) In den Fettsäuren wurden etwa 25% Ölsäure, 15% Linolsäure und 32% Palmitinsäure gefunden. Es wird als Brennöl benutzt (wenn heute noch, dann wohl nur in verschwindend geringer Menge). H. Dubowitz (674) hält es zur Herstellung von Schmierseifen als Leinölsatz für geeignet.

d) Stechapfelöl (Daturaöl) aus den Samen von *Datura stramonium*. Das durch Benzolextraktion gewonnene Öl (etwa 17—25% des Samens) war grünlich bis bräunlichgelb, von eigenartigem Geruch. Während es bei Zimmertemperatur nach 23 Tagen noch flüssig war, trockneten Aufstriche bei 50° schon nach 13 Stunden zu einer festen Haut. Atropin konnte nur in so geringer Menge physiologisch nachgewiesen werden, daß der chemische Nachweis nicht möglich ist. Das Öl wäre zur Seifenfabrikation verwendbar (675).

e) Paprikaöl aus dem Paprikapfeffer, den Früchten von *Capsicum annuum* L. (= *C. longum* D. C.). Heimat tropisches Südamerika, heute in allen heißen und wärmeren Ländern kultiviert, stellt sich als ein schwachtrocknendes Öl dar, ohne Bedeutung (676).

f) *Brunfelsia ramosissima* Bth. enthält in den Samen ein farbloses, dünnflüssiges, geruchloses und geschmackloses Öl (677).

109. Sonnenblumenöl. Die Sonnenblume, *Helianthus annuus* L. (Komposite), kam ursprünglich nur als Zierpflanze nach Europa um 1569. 1716 wird schon in einem englischen Patent (Nr. 408, Arthur Bunyan sen.) die Gewinnung des Öles und seine Anwendung auf verschiedenen Gebieten (Anstrichöl, Lederkonservierung, Tuchindustrie) erwähnt. Der Anbau zur Ölgewinnung in Rußland, wo die Sonnenblume sich weitester Verbreitung erfreut, ist auf das Jahr 1820 zu verlegen. Südliches Rußland, Ungarn und Italien sowie Westindien und auch Südafrika sind die Hauptanbaugebiete (678). Die Mahnungen, die Sonnenblume auch in Deutschland mehr zu kultivieren, die die Ölnot im Weltkriege mehrfach erschallen ließ, haben anscheinend keinen besonders großen Erfolg gehabt.

Die Früchte haben verschiedene Größe und Gestalt. Nach Harz (679) ist die kleinste 5 mm breit und 8 mm lang, während die längste 8—8,5 mm breit und 16 mm lang ist. Am besten unterscheidet man nach diesem Forscher drei Arten von Kernen: 1. kurzfrüchtige, die nicht doppelt so lang wie breit sind; 2. gewöhnliche, die doppelt so lang wie breit sind und 3. langfrüchtige, die über zweimal so lang wie breit sind. Die Samen liegen einzeln in einer spröden harten, holzigen Schale. 100 kg Saat geben etwa 35—45 kg Schale und 65—55 kg Samen. Der Ölgehalt der Kerne schwankt im allgemeinen zwischen etwa 40 und 50%, kann jedoch auch höher sein; so fand z. B. E. Pott (680) bei deutscher Saat 52,2%, R. Windisch (681) bei ungarischer bis zu 55,5%. Als Minimalgehalt gibt letzterer bei ungarischer Saat 35,1% an.

Gewinnung: Die Früchte werden durch Sieben vom Staube befreit. Oft werden, um Stengel und Stengelreste zu entfernen, Siebe verwendet, die an Stelle der Löcher längliche Schlitze haben. Dann wird die Frucht auf mühlenartigen Schälgängen zerkleinert, doch so, daß die Kerne heil bleiben. Die völlige Entfernung der Schalen ist schwierig, besonders bei frischen Früchten, deren Samenschalen noch elastisch sind. Aber auch bei trockenen Früchten, bei denen sich die Enthülsung restlos bewerkstelligen ließe, läßt man absichtlich etwa 8—9% der Schale bei den Kernen. Der Zweck ist der, durch die harte Samenschale bei der Pressung die Kernzellen zerreißen zu lassen und so eine höhere Ölausbeute zu erzielen. Ein noch größerer Gehalt an Schalen würde aber durch Zurückhalten von Öl die Ausbeute wieder verschlechtern. Gewöhnlich wird zunächst kalt vor-, dann warm nachgepreßt. Das kaltgepreßte Öl dient zu Speisezwecken, das warmgepreßte findet technische Verwendung.

Durch Klärenlassen oder Filtrieren wird das Öl dann noch von Schleimanteilen befreit, die besonders reichlich in Ölen aus frischer Saat vorhanden sind und bei solchen, bei denen bei der Nachpresse zu stark erwärmt wurde. Die Ölausbeute liegt je nach Herkunft der Saat zwischen 25 und nahezu 50%.

Äußere Eigenschaften: Das Sonnenblumenöl ist gewöhnlich klar, von blaßgelber bis hellgelber Farbe, das technische Öl auch dunkler, etwa bräunlichgelb. Geruch und Geschmack sind milde, wenigstens bei den kaltgepreßten Ölen. Der Erstarrungspunkt liegt bei etwa —16°, doch scheiden die Öle auch oberhalb dieser Temperatur schon geringe Anteile aus.

Kennzahlen: Spez. Gewicht bei 15° 0,924—0,926, Brechungsindex bei 20° etwa 1,475, Verseifungszahl 188—194, Jodzahl 120—135, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 17—18°.

Chemische Zusammensetzung (682): Die Glyzeride des Sonnenblumenöls enthalten fast ausschließlich ungesättigte Fettsäuren, und zwar Linol- und Ölsäure, von denen der Jodzahl nach jede etwa zu 45% vorhanden sein muß. Die Menge der gesättigten Fettsäuren wurden nur zu 4 % gefunden, und zwar Palmitin- und Arachinsäure. In einigen Lieferungen fand Ad. Barenther (683) auch kleine Mengen von einer wachsartigen Substanz, die sich als Cerylcerotat erwiesen. Wahrscheinlich stammt dies aus den Schalen.

Verwendung: Das Sonnenblumenöl dient als Speiseöl, ferner als Ausgangsmaterial in der Margarinefabrikation, teils unmittelbar, teils nach Härtung. Ferner wird es in der Seifenfabrikation gern benutzt, und zwar bei billigem Preisstande als Ersatz für Leinöl, da es wie dieses transparente Schmierseifen ergibt. Zu Kernseifen ist es nur in kleinen Mengen als Zusatz zu benutzen.

Die vielfach besprochene Verwendbarkeit zur Firnis- und Lackfabrikation (684) ist gewiß nur in geringem Maße vorhanden. Jedenfalls hat man von einer umfangreicheren Verwendung des Öles in dieser Industrie Abstand genommen.

110. Sterculiaceenöle.

a) Java-Olivenöl, Stinkbaumöl, aus den Samen von *Sterculia foetida* L., tropisches Asien (früher auch in Brasilien angepflanzt). Aus den Samen (einschließlich der schwarzen, pergamentartigen fettfreien Hülle) wurden durch Extraktion etwa 30% hellgelbes Öl erhalten. Durch Pressen gewonnenes Öl (685) hatte schwach ranzigen Geschmack und angenehmen Geruch ($d_{15/4}$ = 0,926, n_{40} = 1,465, VZ 188, JZ 76). Beim Erhitzen auf 240—245° geht unter weiterer Selbsterhitzung das Öl plötzlich (?) in einen gummiartigen Körper über. Auf Java soll das Öl zu Genuß- und Brennzwecken verwendet werden.

b) *Sterculia acuminata* R. P. (= *Cola acuminata* Schtt. et End.), Guinea, liefert die Gura- oder Guru-Kolanüsse [seit 1600 in Europa bekannt (686)].

c) *Sterculia chica* St. Hil., Brasilien. Die eßbaren Kerne von der Größe kleiner Walnüsse liefern nach Entfernung der etwa 27% des Samens betragenden Samenhülle 10—14% Öl (hellgelb, bei gewöhnlicher Temperatur kristallinisch fest) d? = 0,934, Schmelzpunkt bei 24° dickflüssig, bei 26° transparent, VZ 193—195, JZ 79 (687).

d) Kalempangöl von *Sterculia javanica* R. Nach Wijs (688) hatten zwei Ölproben d_{20} = 0,922, VZ 193, JZ 83—85, SZ 35 und 58, Azetylzahl 67—72 (letztere durch längeres Berühren mit Wasser so hoch). Die Säurezahl der freien Fettsäuren nahm beim Aufbewahren, rascher beim Erhitzen ab (beim Aufbewahren in einem Monat von etwa 190 auf etwa 90!). Es dürfte sich nach Wijs um Polymerisation (?) oder Anhydridbildung handeln. [Letzteres oder Lactonisierung ist wohl wahrscheinlicher, da die hohe Azetylzahl (s. o.) auf reichliches Vorhandensein von Oxysäuren deutet. Verf.]

e) *Heritaria littoralis* Dryand enthält in den gewürzigen Samen ein auf den Antillen verwertetes fettes Öl (690).

f) Andere Sterculiarten mit ölreichen Samen sind: *St. pruriens* Schum., *St. excelsa* Mart., *St. stricta* St. Hil. et Naud., *St. triphacea* R. Br. und *St. apendiculata* R. Sch. (689).

111. Teesamenöle. Diese Öle werden aus den Samen der verschiedenen Arten der Gattung Thea gewonnen. Außerhalb der Kulturländer der Pflanzen, besonders Japan, werden die Öle nur unter

dem Sammelnamen Teeöle bezeichnet, in den Kulturländern dagegen haben sie verschiedene Namen (691).

Nach Kochs (692) ist der natürliche Verbreitungsbezirk der Gattung Thea Südostasien, soweit es tropisch und subtropisch ist, einschließlich Südjapan, Formosa und Sunda-Inseln. Durch Kultur sind sie weit über den natürlichen Bezirk hinaus verbreitet.

Das wohl am meisten gewonnene Teeöl ist das Sassanquaöl von *Thea sassanqua* Thunb. und deren Abarten, besonders *Th. s. oleifera*. Das Öl wird durch Pressung aus den kleinen, etwa $^1/_2$ g schweren Samen gewonnen. Vor der Pressung werden die Samen zerkleinert und gedämpft, bisweilen auch enthülst. Der Ölgehalt der Samen beträgt um 57%. Das Öl gleicht äußerlich dem Olivenöl. Kaltgepreßtes Öl ist schwach gelblich und geruchlos, warmgepreßtes gelb bis rötlichgelb. d_{15} = 0,916—0,919, n_{D20} = 1,469, VZ 193—194, JZ 81—82, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 28°. Das Öl ist in den Erzeugergegenden als Haaröl, auch zu Speisezwecken und als Schmieröl für feine Präzisionswerke gebräuchlich.

Das Camelliensamenöl, Tsubakiöl von *Thea japonica* L. ähnelt nach Siebold und Zuccarini (693) durchaus dem vorhergehenden (Erstarrungspunkt —15°). d_{15} = etwa 0,916, n_{D20} = 1,468—1,469, VZ 190—193, JZ 80—82. Es enthält hauptsächlich Olein und ist dem Olivenöl sehr ähnlich. Infolge seines hohen Preises wird es viel mit Rüb-, Kotton-, Bohnen- und Erdnußöl verfälscht.

Das Öl von *Thea sinensis* hat keine praktische Bedeutung, da bei der Kultur des Teestrauches die Fruchtbildung gewöhnlich verhindert wird. Nach Untersuchungen von Tsujimoto (694), Itallie, Davis, Wijs hat das orangegelbe, unangenehm riechende Öl, das einen bitteren Geschmack hat, folgende Kennzahlen: d_{15} = 0,918—0,920 (Wijs bei 20° 0,911?), n_{D20} = 1,471, VZ 188—196, JZ 88—91, Schmelzpunkt der Fettsäuren 33—34° (Wijs 10—11?). Wijs dürfte wohl kein reines Öl in Händen gehabt haben, da seine Kennzahlen von denen der anderen Teesamenöle erheblich abweichen, die sonst untereinander recht gut übereinstimmen. Zu Speisezwecken müßte das Öl erst durch Entfernen des Saponins raffiniert werden, doch scheint es bisweilen trotzdem genossen zu werden. Im Gegensatz zu einigen Autoren ist Robert (695) der Ansicht, daß gegen die Verwendung von Teesamenöl als Speiseöl keine Bedenken vorliegen. Der Saponingehalt der Preßrückstände würde diese zu Genußzwecken ungeeignet machen, dagegen wären sie eventuell als Waschmittel (ähnlich wie Quillajarinde) zu gebrauchen, sowie als insektentötendes Mittel. Neuerdings sollen diese Öle in England zum Schmälzen von Wolle verwendet werden.

Das Öl von *Thea drupifera*, Caydeau-Soyöl findet in den Heimatgegenden in China und Cochinchina bei den Eingeborenen vielfach Verwendung. Der Baum, der nach Pierre 4 m hoch wird, wird in neuerer Zeit auch in Ostindien viel kultiviert. Die Ernte eines Baumes beträgt 20—25 kg Samen, die 28—35% eines gelben, angenehm riechenden und nur schwer ranzig werdenden Öles ergeben. Das Öl wird in Tonkin von den Eingeborenen genossen, ferner dient es dort als Haaröl und Heilmittel.

112. Thymelaeaceenöle von *Daphne cnidium* und *D. mezereum* erwähnt W. Peters (696). Die Samen enthalten 36 bis 37% grüngelbliches schwachtrocknendes Öl (d_{15} = 0,924, VZ 196—197, JZ 126.5). Es wurden Palmitin-, Stearin-, Öl-, Linol-, Linolen- und Isolinolensäure nachgewiesen.

113. Tiliaceenöle.

a) Basswoodöl ist aus dem Holz der amerikanischen Linde, *Tilia americana* L., durch Äther extrahiert worden (697). d_{15} (?) = 0,938, Erstarrungspunkt —10°, VZ 178, JZ 111. Ein lange in Wasser gelegenes Holz ergab etwa 3,7 % Öl mit ranzigem Geruch und hohem Gehalt an flüchtigen Fettsäuren.

b) Lindensamenöl (698) wurde aus verschiedenen Tilia-Arten (unter anderm *T. ulmifolia* Scop.) durch Extraktion gewonnen, auch durch Pressen mit einer Ausbeute bis zu 58%. Es ist in Farbe und Geruch dem besten Olivenöl ähnlich. Es erstarrt erst weit unter —20° und wird schwer ranzig (699).

Die Hoffnung, Lindensamen im Weltkriege als Speiseöl zu verwenden, mußte

an der Mühseligkeit des Einsammelns der Früchte scheitern.

c) Apeibaöl aus den Samen von *Apeiba tibourbou* Aubl. im tropischen Südamerika (Brasilien) durch Auskochen mit Wasser gewonnen, ist ein rötlichbraunes Öl, das dort als Einreibung bei Rheumatismus dient (700).

d) Aspidiumöl. Die Rhizome der Tiliaceen *Aspidium filix* mas. Sw. und *Asp. spinulosum* wurden von J. Ratz (701) bzw. P. Farup (702) untersucht, es sind nichttrocknende Öle, hauptsächlich aus Olein bestehend.

114. Tomatensamenöl aus den Samenkernen von *Lycopersicum esculentum* Mill. (*Solanum lycopersicum* L.), (Solanacee), wird wesentlich nur in Italien als Nebenprodukt der Tomatenkonservenfabrikation gewonnen. Nach Ubbelohde (703) wurden in der Provinz Parma bei der Herstellung von 84 000 t Tomaten-Konserven 600 t Öl gewonnen.

Der Ölgehalt der Samen beträgt nach Koch (704) etwa 17%.

Die Farbe des Öles ist tief braunrot, der Geruch und Geschmack angenehm, an Tomaten erinnernd. Extrahiertes Öl ist nach Rothéa (705) bräunlich schwarz und von unangenehmem Geschmack.

Die wichtigsten Kennzahlen bestimmten unter anderm George Jamieson und H. S. Bailey an neun Proben (706):

		andere Autoren
Dichte bei 15° . .	0,9184—0,9196	0,920—0,922
Brechungsindex (25°)	1,4715—1,4728	1,475
Verseifungszahl . .	186—192	184—195 (202 bei ?)
Jodzahl	117—125	114—118

Auch die von anderen Autoren gefundenen Zahlen bewegen sich innerhalb dieser Grenzen oder nur wenig außerhalb.

Über die technische Verwendungsmöglichkeit macht J. H. Schrader (707) Angaben. Es wäre nicht ausgeschlossen, daß das Öl bei geeigneter Behandlung auch in der Anstrichtechnik verwendbar wäre. Hier käme der Preis allerdings in Frage.

115. Traubenkernöl. Die Frucht des Weinstockes (*Vitis vinifera* L., Vitacee) enthält 1—4 harte, steinkernartige Samen, die ein hartes öliges Endosperm enthalten mit einem kleinen gestreckten Embryo mit flachen Keimblättern. Außer der genannten Frucht kommen noch die erst seit der Entdeckung Amerikas eingeführten Arten in Betracht, und zwar hauptsächlich: *Vitis labrusca* S.; *V. estivalis* Michr.; *V. riparia* Michr.; *V. rotundifolia* Michr.

Das Traubenkernöl wurde schon im Jahre 1770 in Bergamo gewonnen, in Deutschland bald nach dieser Zeit, hauptsächlich in Württemberg. Auch in Frankreich wurden Versuche zur Gewinnung des Traubenkernöles gemacht, jedoch blieb eine in Alby erbaute Fabrik (1800) vereinzelt (708).

In letzter Zeit hört man wieder mehr von diesem Öl, das des Interesses nicht entbehrt, ohne daß man vorläufig ein Bild über die verfügbare Menge erhalten könnte. Interessante Angaben über die erzielbaren Mengen macht F. Marre (709), nach dem in den Departements Gard, L'Hérault, L'Aude und Pyrénées Orientales jährlich aus 28 Millionen Zentner Trauben mehr als eine Million Zentner Kerne gewonnen werden, die bei einer mittleren Ölausbeute von 15% etwa 150 000 Zentner rohes Öl liefern könnten. Nach Berechnungen von Hefter könnte Deutschland rund 1000 t, Ungarn 1800 t, Österreich 2000 t liefern (Stand vor dem Kriege).

Gewinnung: Aus den lufttrockenen Trestern werden die Kerne entweder durch Auslese mit der Hand oder durch Sieben abgetrennt. In Württemberg werden die Trester spätestens 24 Stunden nach dem Keltern mit der Hand zerrieben, gesiebt, und die Kerne dann auf Tennen oder in der Sonne getrocknet. Auch werden sie vor dem Pressen noch gedörrt, da sie sich sonst schwer zerkleinern lassen und bei der Pressung leicht Emulsionsbildung und als Folge davon ein trübes Öl ergeben würden. Jedoch wird dem nachgedörrten Material wieder Wasser zugesetzt, und zwar 10% bei erster Pressung und 20—25% bei zweiter unter stärkerem Erwärmen.

Nach Franz Rabbak (710) wird das Öl besser als durch Pressen mittels Extraktion mit Benzin gewonnen. Der Ölgehalt schwankt stark und ist nach Rothéa (711) vom Alter der Kerne abhängig. Der Gehalt ist 10—20% des Korngewichtes. Ein Jahr alte Kerne, die Rothéa genauer untersuchte, hatten einen

Gehalt an Öl von 14,8%, von dem aber nur 6—10% durch Pressen und Behandeln mit heißem Wasser gewonnen wurden. Im allgemeinen findet man den Ölgehalt mit ungefähr 15 % angegeben.

Äußere Eigenschaften: Das Öl erster Pressung ist goldgelb, das zweiter Pressung braungelb (712). Das Extraktionsöl ist nach Rabbak (710) tief gelblichgrün. Aus sehr altem Samen ist es auch rötlichbraun. Der Geschmack ist ausgesprochen nußartig (bei heiß gepreßtem Öl unangenehm adstringierend). Es ist durch die üblichen Methoden leicht raffinierbar und dann hellgelb und praktisch geruchlos, während der Geruch des Rohöles etwas brenzlich ist.

Die Kennzahlen werden recht verschieden angegeben (713): Dichte bei 15° 0,920—0,956, Brechungsindex bei 40° 1,461—1,468, Verseifungszahl 190—195 (niedrigere werden vereinzelt angegeben, bis zu 178 herab), Jodzahl 120—143, auch 94—96 werden angegeben, doch scheint hier oxydiertes Öl vorgelegen zu haben. Der Erstarrungspunkt liegt nach Rabbak (710) bei —22 bis —24°. Der Erstarrungspunkt und -Schmelzpunkt der Fettsäuren wird zu 18—21° bzw. 23—28° angeführt.

Chemische Zusammensetzung: Nach Rabbak enthält das von ihm untersuchte Traubenkernöl 53,6% Linolein, 35,9% Olein, 5,2% Palmitin, 2,2% Stearin und 1,6% Unverseifbares. Die Angabe, daß auch Rizinolsäure vorhanden ist, dürfte irrtümlich sein, und die Öle, die Ulzer und Zumpfe (714) zu diesem Schlusse führten, sind wahrscheinlich stark oxydiert gewesen. Em. André fand auch eine bei 84—85° schmelzende Säure von Molekulargewicht 445, wahrscheinlich Melissinsäure, die aus dem Wachsüberzug der Trauben stammen dürfte.

Verwendung: Das Öl erster Pressung ist ein gutes Speiseöl, das unter dem Namen »Backöl« in den Handel kommt. (Wie gesagt, nur in geringen Mengen.) Öl zweiter Pressung soll auch als Brennöl benutzt werden.

Die Eignung als Bindemittel für Farben wird von Rabbak (710) betont. Elisabeth Klinger (715) berichtet, daß das Traubenkernöl sich leicht polymerisieren läßt und eine linoxynartige Beschaffenheit schneller annimmt als Leinöl. Ferner teilt sie mit, daß Mischungen von Traubenkernöl und Holzöl für verschiedene Farben gut verwendbar seien.

Zweifellos bietet das Öl auch in der Seifenfabrikation Verwendbarkeit dar, so daß bei reichlicherer Gewinnung der Absatz gegeben wäre.

Die Preßkuchen haben eigentümlichen Geruch. Ihre rote Farbe verdanken sie nach Rothéa (711) der durch Diastase bewirkten Zersetzung des vorhandenen Gerbstoffes (des Önotannins). Der Gerbstoffgehalt wirkt übrigens nicht schädlich. Die Kuchen bilden trotz des hohen Gehaltes an Rohfaser (bis zu 47 %) ein von Schafen gern genommenes Kraftfutter.

Das Öl des wilden Weins (*Ampelopsis hederacea* Michr. = *A. quinquefolia* R. et Sch.) wurde von G. D. Beal und C. K. Beebe (716) untersucht. Es stellt ein grünlichbraunes Öl dar (19 % der Samen), das chemisch zur Rizinusölgruppe gehört.

116. Tropaeolaceenöle. Das Öl der Kapuzinerkresse von *Tropaeolum majus* L. wurde von J. Gadamer (717) aus den Samen durch Extraktion hergestellt. Das Öl erstarrte beim Stehen in gut ausgebildeten Kristalldrusen. Aus diesem Verhalten und der Übereinstimmung der Jodzahl 73—74,5 mit der von Trierucin wurde geschlossen, daß das Öl hauptsächlich aus diesem Glyzerid stammt.

117. Umbelliferenöle. Die Samenöle der Umbelliferen wurden von Cl. Grimme (718) durch Ätherextraktion der getrockneten Früchte gewonnen, und zwar von Kümmel (*Carum carvi* L.), Petersilie (*Petroselinum sativum* Hoffm.), Sellerie (*Apium graveolens* L.), Anis (*Pimpinella anisum* L.), Dill (*Anethum graveolens* L.), Fenchel (*Foeniculum officinale* All.), Carotte (*Daucus carota* L.), Römischer Kümmel (*Cuminum cyminum* L.), Gartenkerbel (*Anthriscus cerefolium* Hoffm.), Koriander (*Coriandrum sativum* L.), *Ptychotis ajowan* D. C.

Die Öle zeigen große Ähnlichkeiten untereinander. Die Dichten liegen etwa zwischen 0,923—0,928, Brechungsindex (35°) 1,470—1,479, VZ 176—183, JZ 90—128.

118. Urticaceenöle. Von Urticaceenölen außer Hanföl (s. Nr. 42) ist noch das Öl der Maulbeere von *Morus alba* untersucht. L. Prussia (719) er-

hielt bei zwei Sorten Samen durch Pressung 33 und 24 % Öl. Die Kennzahlen eines extrahierten und eines gepreßten Öles waren d_{15} = 0,926, 0,9245, n_{D15} = 1,477, SZ 20—28, VZ 190—191, JZ 140 bis 143, Erstarrungspunkt der Fettsäuren 20—21, 19—19,5°.

Vall-del-Öl aus den Samen der Urticacee *Artocarpus nobilis* [Ceylon (720)].

119. Verbenaceenöl. *Aegiphila obducta* Villos. Brasilien. Dunkelgelbes Samenöl, B. Niederstadt (721).

120. Zygophyllaceenöle. Zachunöl von *Balanites aegyptiaca* Delile, ägyptischer Zahnbaum. Nördliches tropisches Afrika und Ostindien. Der Baum führt in seiner Heimat den Namen »Mkorga«. Aus den zerkleinerten, dann ausgekochten Samen wird das »Zachunöl« (etwa 40 % des Kerngewichts) gewonnen, das dem Sesam- bzw. Mohnöl ähnlich ist, sich aber von diesen Ölen dadurch unterscheidet, daß es bei tieferer Temperatur leichter als jene erstarrt; es dient zum Einreiben und als Speiseöl (722).

C. Literatur.

1. A. Meyer, Analyse der Zellen (1920).
2. von Nägeli, »Stärkekörner«, pflanzenphysiol. Untersuchungen, Zürich (1858).
3. Ivanow, Ölbildung unter Vermittlung der Lipase, Ber. botan. Ges. (1911), 595.
4. Kleberger, Chem. Umschau (1921), 2.
5. Zimmermann, Beih. zur botan. Ztg. (1899), 165; Wakker, Jahrb. f. wissensch. Bot. (1888), 423.
6. A. Meyer, a. a. O. S. 297.
7. A. Meyer, Die angebl. Fettspeicherung immergrüner Laubblätter, Ber. botan. Ges. (1918), 5.
8. Pfeffer, Über Abnahme und Abgabe ungelöster Körper, Abh. d. math.-physik. Klasse der Kgl. sächs. Ges. Bd. 11 (1890), vgl. auch Hofmeister, Die Pflanzenzelle (1867), 2 und Wakker, a. a. O. S. 476.
9. Kolkwitz, Pflanzenphysiologie (Jena) (1922), 50.
10. J. von Sachs, Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanze (1865).
11. J. H. Janse, Die Energieleistung des Protoplasma beim Wachstum der Zellen, Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. (1919), 235.
12. Peliart, Über die Membrane der Fettzellen, C. rend. Soc. de Biol. (1922), 944.
13. Hébert, Bull. Soc. chim. (1896), 941; Chem. Ztg. (1901), 282.
14. A. Bömer, Chem. Ztg. (1914), 844; s. auch unter Palmöl.
15. Seifenfabrikant (1914), 673, 717.
16. Über die Phytosterine des Getreideöls, Kottonöls und Leinöls s. R. J. Anderson und M. G. Moore, Journ. Amer. Chem. Soc. (1923), 1944. Die beiden letzteren Öle enthalten mindestens je zwei Phytosterine.
17. Klostermann und Opitz, Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußm. **27** (1914), 713 u. **28** (1914), 138.
18. Marcusson und Meyerheim, Z. ang. Chem. (1914), 201.
19. Connstein, Hoyer und Wartenberg, Ber. dtsch. chem. Ges. (1902), 988.
20. A. Schmidt, Z. anal. Chem. (1898), 301.
21. Amthor, ebenda (1899), **10**.
22. Reimann, Ztrbl. f. Bakteriol. (1900), Nr. 5—7.
23. Wagner, Walker u. Östermann, Z. f. Nahr.- u. Genußm. **25** (1913), 704.
24. J. Pharm. Chem. (1915), 318; Apotheker-Ztg. (1916), 115.
25. Tschirch u. Barben, Chem. Umschau (1924), 141 ff.
26. Über den Trockenprozeß s. Fahrion, Die trocknenden Öle; Eibner, Über Fette, Öle, München (1923); Wolff, Farbenztg. **29** (1924), 1105; Z. ang. Ch. (1924), 729.
27. J. Russ. Phy. Ges. (1916), 324, nach Chem. Ztrbl. (1924), I, 2436.
28. De Negri u. Fabris, Pharm. Post (1896), 189; Ubbelohde, Handb. II, 300.
29. Schaedler, Technol. d. Fette u. Öle, 2. Aufl., S. 668 (Konstanten nach Croneley u. Suner durch Lewkowitsch).
30. Nach Ubbelohde, Handbuch S. 66.
31. Pharm. Zentralhalle (1908), 1057.
32. Nach Ubbelohde, Handbuch S. 67/68.
33. De Negri u. Fabris, Ztschr. f. anal. Ch. (1894), 565.
34. VI. internat. Kongreß d. angew. Ch. (Rom) (1906), 758.
35. De Negri u. Fabris, nach Ubbelohde (a. a. O.), S. 68; Giorn. d. Farmacia di Trieste (1896), 103.
36. Journ. Ind. and Eng. Chem. (1919), 950.
37. Bull. Imp. Inst. London (1921), 24, nach Jahresber. f. Pharm. (1921), 7.
38. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1897), 454 bis 462.
39. van den Driesen-Mareeuw, Nederl. Tijdskr. Pharm. Chem. Tox. (1901), 214.
40. H. Thoms, Ber. Chem. Ges. (1904), 24.
41. Beckurts, Jahresber. d. Pharm. (1901), 35.
42. Arch. d. Pharm. (1896), 283; s. a. Matthes u. Rath, Arch. d. Pharm. (1914), 683; Heiduschka u. Wallenreuter, ebenda (1914), 704.
43. Pharm. Ztg. (1892), 603.
44. Pharm. Zentralhalle (1882), 25; s. auch Ber. pharm. Ges. (1909), 539.

45. Wehner, Pflanzenstoffe (1911), 624; Schaedler, Technol. d. Fette u. Öle, II. Aufl., S. 611.
46. Schaedler, a. a. O., 611.
47. Wehner, a. a. O., 624.
48. Hefter, Technologie der Fette, S. 501.
49. Tropical Agriculturist (1900) nach Ubbelohde, Handbuch II, 7.
50. Bull. Sci. Pharm. (1919), 505.
51. Villavecchia, nach Ubbelohde, Handb. II, 113; ferner Ch. F. Juritz, Chem. News **123**, 162; Rothéa u. F. de Bon, Bull. Sci. Pharm. (1919), 505.
52. A. Diedrichs, Z. Nahr.- u. Genußm. (1914), 140.
53. Chem. Ztg. (1903), 985.
54. Z. Nahr.- u. Genußm. (1914), 133.
55. S. auch D. G. Hewer, The Analyst (1917), 271, nach Jahresber. f. Pharm. (1917), 246.
56. Chem. Ztg. (1903), 958.
57. Arch. Pharm. (1902), 246, 659.
58. Ztschr. Nahr.- u. Genußm. (1914), 133.
59. Bull. Imp. Inst. Lond. **20**, 465.
60. Ann. Chim. Appl. (1920), 154.
61. Parfum. Essent. Oil Rec. **13**, 260.
62. A. Meyer, Zelle der Bakterien (1912), 204.
63. Czapek, Biologie der Pflanzen (1913), 753.
64. Lindner, Ztschr. f. techn. Biologie (1921), 68 und (1923), 100.
65. Carl C. Warder, Amer. Journ. Physiol. **57**, 450, Chem. Ztrbl. (1923), I, 108.
66. A. Meyer, a. a. O., S. 288, s. auch Oltmann, Morph. und Biologie der Algen (1905), 544; Namikawa, Chem. Ztrbl. (1916), II, 544.
67. Mjoen, Arch. Pharm. (1908), 278.
68. Rathge, ebenda (1908), 692.
69. Harms, Die Öl- und Fettpflanzen Ostafrikas.
70. Niederstadt, Ber. pharm. Ges. (1902), 144.
71. Peckolt, ebenda (1912), 31.
72. Peckolt, ebenda (1912), 45.
73. Ubbelohde, Handb. II, 237.
74. Hoffmann, Seifens.-Ztg. (1910), 28.
75. V. J. Meyer, Chem.-Ztg. (1907), 793.
76. Publicazione del laborator. chim. delle gabelle (1893), 90.
77. Z. ang. Ch. (1892), 173.
78. Journ. Pharm. Chim. (1897), 390.
79. S. bes. Gastaldi, Publicazione del laborator. chim. delle gabelle (1912), 6, durch Chem. Umsch. (1913), 89.
80. Pharm.-Ztg. (1915), 569.
81. Heutgen, Chem. Umsch. (1916), 73.
82. E. Lach, Seifens.-Ztg. (1909), 1437.
83. Über Untersuchung und Wertbestimmung s. Seifens.-Ztg. (1905), 587; Stiepel, Chem. Umsch. (1912), 272 u. 305, s. auch Seifens.-Ztg. (1909), 1119, 1223; (1910) 696, 745 u. 800; Seifenfabrikant (1908), 1046; (1909), 1185 u. 1215; (1910) 107, 578, 1215; Fahrion, Seifens.-Ztg. (1910, 696 u. 745).
84. Negri u. Fabris nach Holde, Ztschr. f. anal. Chem. (1894).
85. Seifenfabrikant (1913), 568; Chem. Rev. (1913), 195.
86. Nach Ubbelohde, Handb. II, 488—491.
87. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1900), 168; Niederstadt, ebenda (1902), 144.
88. Peckolt, ebenda (1900), 156.
89. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 576.
90. S. Lomanitz, Journ. Ind. Eng. Chem. (1912), 625, nach Ubbelohde, Handb. II, 264.
91. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1902), 136.
92. Ubbelohde, Handb. II, 302.
93. Wanger, »Die Seife« (1920), 269.
94. Journ. prakt. Chem. **104**, 137.
95. Chem. Ztrbl. (1884), 789.
96. Semler, Trop. Agrikultur. 2. Aufl. (1900), 2, 258; Schaedler, Technol., 2. Aufl., 779.
97. Chem. Ztg. (1907), 781.
98. Seifens.-Ztg. (1907), 26.
99. Nach Ubbelohde, Handb. II, 31.
100. Tropenpflanzen (1913), 147.
101. A. P. West u. Balce, Philippin. Journ. Sci. **23**, 269; Chem. Ztrbl. (1923), IV, 1012.
102. Engler-Prantl, l. c. III, 4, 242.
103. Grimme, Chem. Revue, XVII, 178.
104. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 586.
105. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1898), 42.
106. J. Zellner, Monatsh. f. Chem. (1902), 23; Byers u. Hopkins, Journ. Amer. Chem. Soc. (1902), 771.
107. Radulescu, Bull. Soc. sci. fin. Bukarest (1893), Nr. 5, nach Ubbelohde, Handbuch II, 1 u. 2.
108. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1903), 366.
109. Niederstadt, ebenda (1902), 144.
110. Semler, Trop. Agrikultur, 2. Aufl., II, 519.
111. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 783; Lewkowitsch, Proc. Chem. Soc. (1889), 69.
112. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1911), 363.
113. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 543.
114. Kochs, Jahresb. d. Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem (1906—1907) nach Ubbelohde, Handb., II, 64.
115. Nach Ubbelohde, Handb. II, 301.
116. Pursh, Flora amer. septent. London (1814), II, 608.
117. Hefter, Technol. I, 89.
118. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 780.
119. Bull. d. l. société impériale d'acclimatisation (1863), 75.
120. Klimont, Monatshefte f. Ch. (1903), 408 u. (1905), 567.
121. Nach Chem. Umsch. (1923), 289.
122. De Negri u. Fabris, Pharmaz. Post (1896), 177.
123. Nach Ubbelohde, Handb. II, 49.
124. Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl., II, 546; Engler-Prantl, III, 714.
125. Nach Ubbelohde, Handb. II, 6.
126. De Negri u. Fabris, Z. anal. Chem. (1894), 564.
127. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 732; s. a. I. Prescher, Pharm. Zentralhalle (1917), 533; Seifenfabrikant (1917), 37 u. 51; O. v. Friedrichs, Svensk. farm. Tidskr. (1919), 500.
128. Arch. Pharm. (1918), 289.
129. Cl. Grimme, Chem. Ztg. (1911), 925.
130. Chem. Ztg. (1900), 815.

131. Nach v. Schmoelling, Chem. Ztg. (1900) 815 u. Cl. Grimme, Chem. Ztg. (1911), 925.
132. Chem. Rev. (1908), 168.
133. De Negri u. Fabris, Ann. d. Lab. Chim. Centr. delle Gabelle (1891—92), 181; Grimaldi, Staz. spec. agrar. ital. (1911), 291 (Chem. Ztrbl. [1911], II, 397).
134. Pharm. Ztrbl. (1912), 1026.
135. Arch. Pharm. (1912), 211.
136. De Negri u. Fabris, Z. anal. Chem. (1894), 556.
137. Nach Ubbelohde, Handb. II, 191. [E. Dieterich, Erstes Dezennium der Helfenb. Annal. (1897), 69 u. 80; W. Graham, Amer. Journ. Pharm. (1901), 352; H. Poda, Ztschr. f. Nahr.- u. Genußm. (1898), 625; A. Schattenfroh, Ztschr. f. Nahr.- u. Genußm. (1894), 202; (1895), 181; J. Schumkow, ebenda (1904), 435; H. Strauß, Chem. Ztg. (1903), 527.]
138. Ubbelohde, Handb. II, 188. [Wijs, Ztschr. f. Nahr.- u. Genußm. (1903), 495; S. Wainarowskaja u. S. Naumowa, Ztschr. f. Nahr.- u. Genußm. (1904), 250.] Siehe auch J. Pieraerts, Bull. soc. pharmac. (1916), 204; Power u. Salway, Journ. Amer. Chem. Soc. (1910), 346.
139. Fendler, Ztschr. f. Nahr.- u. Genußm. (1903), 1025; Chem. Rev. (1904), 52; Lidow, Chem. Rev. (1905), 273; Semler, Trop. Agrikultur, 2. Aufl. (1900), 525; Bangham, Brauns u. Jamieson, J. Amer. Soc. (1920), 2398, Arch. d. Pharm. (1921), 16.
140. C. Grimaldi u. L. Prussia, Chem. Ztg. (1909), 1239, nach Ubbelohde, Handb. II, 185.
141. Grimme, Chem. Rev. **17**, 182.
142. Grimme, Chem. Rev. (1910), 268.
143. Hanausek, Z. d. allgem. Apoth. Ver. (1877), Nr. 17.
144. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1904), 333.
145. Nach Ubbelohde, Handb. II, 194 [Thoms, Arch. d. Pharm. (1900), 48; Koch, Seifenfabrikant (1907), 753].
146. Grimme, Chem. Rev. (1910), 267.
147. Crossley u. Le Sueur, J. Soc. Chem. Ind. (1898), 994; Kesawa-Menon, ebenda (1910), 1430; s. auch Tropenpflanzer XV, 175 u. 388.
148. Grimme, Chem. Rev. XVII, 182.
149. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1904), 330.
150. Peckolt, ebenda, 315.
151. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 561.
152. Diedrichs, Chem. Rev. (1912), 238.
153. J. Sack, De Indische Mercur (1903), 28; nach Ubbelohde, Handb. II, 459.
154. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1904), 315.
155. Schaedler, Technol., 2. Aufl., S. 791; Semler, Tropische Agrikultur, 2. Aufl., II, S. 552.
156. Höhnel u. Wolfbauer, Vierthaler u. Bretura, Crossley u. Sueur, Marpmann nach Ubbelohde, Handb. II, 475, s. a. Pieraerts, Mat. Grass. (1922), 6094.
157. Dieterich u. König, Futtermittel (1891), 728.
158. Pott, Futtermittel (1889), 526.
159. Pierre, Flore forestière de la Cochinchine, Publicat. d. l. direction d. l'agricult. et du commerce de l'Indochine (1902), 27, 31; Holms, Pharm. Journ. (1887), 701.
160. Oils, Colours and Drysalteries (1904), 6.
161. Chem. Rev. (1907), 277 ff.
162. Heim, Geitel, Klimont, Farnsteiner, Sachs, Brooks, Behrend, Wijs nach Ubbelohde, Handbuch II, S. 462.
163. Chem. Rev. (1902), 14.
164. Monatshefte f. Chemie (1904), 929 u. (1905), 563.
165. Nach Ubbelohde, Handb. II, 345.
166. N. J. Laue nach Ubbelohde, Handb. II, 218.
167. Journ. Am. Soc. (1895), 935.
168. Schaedler, 2. Aufl., 656.
169. B. Niederstadt, Ber. pharm. Ges. (1902), 145.
170. Arch. d. Pharm. (1901), 393.
171. Amer. Drug and Pharm. Rev. (1897).
172. Hazura u. Grüßner, Monatsh. f. Chem. **10**, 242.
173. Berl. Ber. (1888), I, 880.
174. The Analyst (1896), 328.
175. Monatsh. f. Ch. (1913), 1195, ref. Ztschr. f. ang. Ch. (1913), Ref. S. 750.
176. Ann. (1857), 97.
177. Ebenda (1855), 230.
178. Ebenda (1867), 22.
179. Ebenda (1887), 253; Berl. Ber. (1888), I, 878.
180. Chem. Ztg. (1913), 815.
181. Chem. Ztg. (1898), 600.
182. Z. Nahr. u. Genußm. (1912), 676.
183. Chem. Rev. (1901), 202.
184. Sani, Atti R. Acad. d. Linc. Roma (1905) nach Chem. Ztrbl. (1906), I, 373.
185. Diedrichs, Z. Nahr.- und Genußm. (1912), 575 ff.
186. »Tropische Agrikultur«, 2. Aufl., Bd. II, S. 508.
187. Nach Ubbelohde, Handb. II, 271, gemäß Angaben von Geuther u. Fröhlich, Z. f. Ch. (1870), 26 u. 549, E. Schmidt u. J. Berendes, Ann. (1878), 94, Schlippe, ebenda (1858), 1.
188. Pharmaceutical Journ. (1895), 5; nach Chem. Ztrbl. (1895), II, 799.
189. Über die giftigen Bestandteile s. a. M. Elfstrand, Chem. Ztrbl. (1897), I, 936.
190. Lewkowitsch, Chem. Technol. (1905), II, 120.
191. Schaedler, Technol., 2. Aufl., S. 545.
192. Dulière, Journ. Pharm. Chim. (1899), **10**, 305, Lewkowitsch a. a. O.
193. Nach Ubbelohde (a. a. O.).
194. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 547.
195. Klein, Z. angew. Chem. (1898), 1012.
196. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1906), 28.
197. Kobert u. Siegel, Apoth. Z. (1893), 596.
198. Klein (a. a. O.); de Negri u. Fabris, Ann. del Labor. chim. delle Gabelle (1891), 220; Arnaudon u. Ubaldini, ebenda (1893), 934.

199. Horn, Z. anal. Chem. (1888), 163.
200. Lewkowitsch, Chem. Rev. (1898), 211.
201. Wehmer, Pflanzenst. (1911), 435.
202. Journ. Soc. Chem. Ind. (1910), 1430; Chem. Rev. **18**, 139.
203. Fendler u. Kuhn, Chem. Rev. (1906), 33; Rideal u. Acland, Analyst (1913), S. 261; Diedrichs, Ztschr. Nahr.- u. Genußm. (1914), S. 123.
204. Peckolt, Ber. dtsch. Pharm. Ges. (1905), 426.
205. Zimmermann, Tropenpflanzen (1907), 861.
206. Les graines grasses nouvell., Paris (1902), 40; s. a. Krause, Chem. Ztg. (1913), 1254.
207. The Oil and Colour Trade J. (1908), 1497.
208. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1906), 185.
209. Nach Ubbelohde, Handb. II, 359.
210. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 561.
211. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1905), 228.
212. Nach Ubbelohde, Handb. II, 355.
213. Chem. Rev. (1913), 1.
214. Arb. Pharm. Inst. Berlin (1911), 225.
215. Z. Nahr. u. Genußm. (1914), 113.
216. Cotton Oil Press (1922), **5**, 33; nach Chem. Ztrbl. (1924), I, 2933.
216a. P. Gillot, C. R. (1925), 180, 1285.
217. Journ. Chem. Soc. Trans. (1904), I, 838.
218. Oils, Colours and Drysalt. (1904), 6; [Chem. Rev. (1904), 127].
219. Realencyclopädie d. ges. Pharmaz. (1905), 117 u. 454.
220. Ber. Pharm. Ges. (1904), 164.
221. Pharm. Zentralhalle (1903), 627.
222. Proceed. of the Chem. Soc. **21** (1905), S. 88. S. a. Power u. Barrowcliff, Journ. of the Chem. Soc. Trans (1905), 885.
223. Lifschütz, Chem. Ztg. (1921), 1264. Neuere Forschungen siehe Henry. J. of Trop. Medic. and Hygien. (1920), 249; Hollmann, Am. Journ. of Pharm. (1921), Nr. 43; Rogers, Centralorg. f. d. ges. Chirurgie (1921), 81; Dean u. Wrenshall, Chem. Umsch. (1921), Nr. 21.
224. A. Eisenstein, Österr. Chem. Ztg. (1912), 131; H. Thoms und Fr. Müller, Ztschr. für Nahrungs- u. Genußmittel (1911), 226.
225. Ztschr. f. Nahrungs- u. Genußmittel (1911), 441.
226. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1903), 366.
227. Peckolt, ebenda (1899), 163; s. a. Niederstadt, ebenda (1902), 144.
228. Aigar, J. Am. Soc. Chem. (1923), 999.
229. H. C. Brill, Philipp. J. of science **12** A, 3.
230. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1899), 163; Niederstadt, ebenda (1902), 144.
231. Semler, Trop. Agric. 2. Aufl. II, 537.
232. Nach Ubbelohde, Handb. II, 452.
233. F. Jean, Ann. chim. anal. **11**, 201 (Chem. Ztrbl. [1906] II, 696).
234. Chem. Ztg. (1918), 13.
235. Analyst **46**, 238, nach Chem. Ztrbl. (1921), IV, 668.
236. Nach Ubbelohde, Handb. II, 330.
237. Chem. Rev. (1903), 254.
238. Forschungsber. üb. Lebensmittel **3**, 372; nach Ubbelohde, Handb. II, 308.
239. Nach Ubbelohde, Handb. II, 545—546.
240. C. R. (1898), 771.
241. Fendler, Apoth.-Ztg. (1905), 6.
242. Semler, Tropische Agrikultur, 2. Aufl., II, 527.
243. Journ. pharm. (1876), 395.
244. Pharm. Ztg. (1888), 454.
245. Die neuen Arzneidrogen, 180.
246. Siehe auch Grimme, Chem. Rev. (1907), 265.
247. Kleist, nach Fendler (a. a. O.).
248. Schaedler, 2. Aufl., 804.
249. Peckolt, Ber. Pharm. Ges., **7**, 238.
250. Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl., II, 551.
251. Chem. Rev. (1899), 45.
252. Tropenpflanzer (1909), 282.
253. Heise, Arb. aus d. K. Gesundheitsamt (1896), 540; Chem. Rev. (1899), 91; Henriques u. Künne, a. a. O.; Krause u. Dieselhorst, a. a. O.
254. Heckel, Les graines grasses nouvelles (1902), 73.
255. Flückiger u. Hanbury, »Pharmokographia«, 2. Aufl. (1879), 86; Pereira, Pharm. Journ. and transact., **11**, 65—66 u. a. nach Ubbelohde, Handb. II, 482 ff.
256. Pereira (a. a. O.), Flückiger u. Hanbury (a. a. O.), Bouis u. Pimentel, C. R. (1857), 1355; Redwood s. Pereira; Crossley u. Le Sueur, J. soc. chim. ind. (1898), 991; Heise, Arbeiten aus dem K. Gesundheitsamt (1897), 302.
257. Pharm. Journ. (1907), 335.
258. Schaedler, 2. Aufl., 804.
259. Apoth.-Ztg. (1901), 598; nach Ubbelohde, Handb. II, 484.
260. Chem. Rev. (1903), 83.
261. Grimme, Chem. Rev. (1910), 264.
262. Derselbe, ebenda (1910), 181.
263. Tropenpflanzer XIII, 197.
264. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1897), 244.
265. Journ. Soc. chem. Ind. (1909), 499.
266. Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl. (1900), II, 541; Heckel, Les graines grasses nouv., Paris (1902), 185.
267. Schaedler, 2. Aufl., 806.
268. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1897), 243.
269. Nach Ubbelohde, Handb. II, 421 ff.
270. Z. Nahr.- u. Genußm. (1899), 617.
271. Apoth.-Ztg. (1896), 533.
272. Schaedler, 2. Aufl., 650.
273. Z. Nahr.- u. Genußm. (1921), 232.
274. E. H. Wilson, Bull. of the Imp. Inst. London (1913), Nr. 3.
275. Farben-Ztg. (1900), 63.
276. Pharm. Ztg. (1898), 628.
277. Chem. Rev. (1901), 7.
278. Ubbelohde, Handb. I, 245 und II, 350.
279. a) Rec. tr. ch. Pays. Bas (1925) 241, b) Ber. (1926), 1390.
280. Fahrion, Farben-Ztg.
281. C. R. (1875), 469.
282. Maquenne, C. R. (1902), 696; Normann, Chem. Ztg. (1907), 188; Rathje, Diss., Kiel (1908).
283. Nach einer Diss. von Seeligmann, Karlsruhe (1906).

284. Farben-Ztg. (1913), 1171, s. a. Marcusson, Z. ang. Ch. (1920), 231, 234.
285. Wolff, Z. ang. Ch. (1924), 729.
286. Parker, Rau, Robertson u. Simonsen, The Indian Forest Records (1923), **10**, II, 1; nach Chem. Ztrbl. (1924), II, 58.
287. Bull. Soc. Chim. de France (1911), 662.
288. Apoth.-Ztg. (1898), 109.
289. Chem. Rev. (1904), 126.
290. Heckel, Les graines grasses etc. (1902), 25; Hefter a. a. O. 677.
291. Rabot, nach Ubbelohde, Handb. II, 72.
292. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 213; Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl., 511.
293. Z. anal. Ch. (1894), 564.
294. Lidow, Westnik, shirow, weschtsch (1904), 79, nach Ubbelohde, Handb. II, 330.
295. Schaedler, Technol., 720.
296. Kesava-Menon, nach Ubbelohde, Handb. II, 3.
297. Verslagen d. Kon. Akad. v. Wetensch. (1890 bis 1900), 8, 669; nach Ubbelohde, Handb. II, 331.
298. Suzzi, Akten des VI. internation. Congresses, Rom (1906).
299. Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl., **2**, 532.
300. W. Gomilewski, Westnik, shirow, weschtsch (1904), 178; nach Ubbelohde, Handb. II, 342.
301. Richter, Z. f. chem. Ind. (1887), II, 229; Hanausek, Z. allgem. österr. Apoth.-Verein (1887), 483.
302. Indian Forest Records (1923), **10**, II, 13; nach Chem. Ztrbl. (1924), II, 58.
303. Fachini, J. de chim. ind. etappl. (1920), 163.
304. M. Lemarié, Oils, Colours and Drysalteries (1904), 6; durch Chem. Rev. (1904), 127.
305. Nach Greeshof durch J. Sack, Pharm. Weekbl. (1903), 4.
306. Arch. d. Pharm. (1905, 631 durch Chem. Rev. (1906), 11.
307. Nat. Tijdschr. v. Neederl. Ind. (1858), 410; nach Ubbelohde, Handb. II, 525.
308. Ber. Pharm. Ges. (1898), 170; (1902), 144.
309. Caspari, Am. Chem. Journ. (1902), 291.
310. Nach Ubbelohde, Handb. II, 419.
311. M. Tsujimoto, Chem. Rev. (1908), 169.
312. Ders., ebenda, 170.
313. König, Chem. d. Nahr.- u. Genußmittel (1903), I, 616.
314. de Negri u. Fabris, Z. anal. Ch. (1894), 563; Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1902), 401; Lewkowitsch, Chem. Technol. (1905), 123.
315. Ubbelohde, Handb. II, 217.
316. Schaedler, 2. Aufl., 584.
317. Pharm. Weekblad (1903), 729.
318. A. Kesava-Menon, J. Soc. Chem. Ind. (1910), 1431.
319. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 511.
320. K. Wedemeyer, Ref. Chem. Rev. (1906), 210; (1907), 221.
321. Seifensiederztg. (1909), 97.
322. Schaedler, Technol. 2. Aufl., 525.
323. Ebenda 524.
324. Ber. pharm. Ges. (1902), 144.
325. Huber und van der Waelen, Pharm. Weekbl. (1915), 1410.
326. Bailey und Burnelt, Journ. Ind. Eng. Chem. (1916) 429; Winton und Bornmann, ebenda (1915), 68.
327. Pharm. Ztg. (1920), 745 (Ref.).
328. Chem. News (1920), 61.
329. Sage, Pharm. Journ. Lond. **110**, 515, 556.
330. Chem. Ztrlbl. (1924) I, 2029.
331. Ubbelohde, Handb. II, 306 ff.
332. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 525.
333. Marzille, Ann. Fals. (1924), 395.
334. Ebenda (1924), 404.
335. Chem. Rev. (1913), 111.
336. Analyst (1921), 401; [Jahrb. d. Pharm. (1921), 25].
337. J. Soc. Chem. Ind. (1910), 1431; Chem. Rev. **18**, 140.
338. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 524; Hefter, Technol., 466.
339. Ann. Chim. appl. (1908), 13; Chem. Rev. (1909), 12.
340. Watts, Diction. of the econ. prod. of India **6**, 322.
341. Lewkowitsch, Chem. Technol. (1905), II, 269; s. a. Grimme, Chem. Rev. (1910), 235.
342. J. Soc. Chem. Ind. (1923), nach Chem. Umschau (1923), 288.
343. J. Pharm. et Chim., 3. Serie, 4.
344. Chem. Ztg. (1905), 1905; s. a. Witke, Öl v. Phaseolus vulg. Chem. Ztg. (1916), 147.
345. Z. Nahr.- u. Genußm. (1922), 215.
346. Nach Ubbelohde, Handb. II, 294.
347. Chem. Weekblad (1909), 777; nach Ubbelohde, Handb. II, 488.
348. Ubbelohde, Handb. II, 375.
349. Wolff u. Dorn, Chem. Ztg. (1921), Farb.-Ztg. **26**, 27.
350. Thompson, J. Amer. Chem. Soc. (1903), 716.
351. Eisenschime u. Cophtorne, J. Ind. Eng. Chem. (1910), 28.
352. Kirchner u. Tollens, J. f. Landwirtsch. (1874), 502; Hilger, Ber. Chem. Ges. (1903), 3194.
353. Tsujimoto, Chem. Rev. (1909), 85.
354. H. Wolff, Chem. Ztg. (1923), 142.
355. Niegemann, Farben-Ztg. (1912), 2105.
356. Lund, Z. Nahr.- u. Genußm. (1922), 113 ff.
357. Eibner u. Muggenthaler, Farben-Ztg., **18**, 131 ff.
358. Eibner u. Schmidinger, Chem. Umsch. (1923), 293.
359. Seifenfabrikant (1914), 673.
360. A. Voigt, Chem. Rev. (1913), 115.
361. Semler, Tropische Agrikultur, 2. Aufl., 515.
362. Ubbelohde, Handb., II, 350 ff.
363. Österr. Chem. Ztg. (1898), 202.
364. Chem. Rev. (1901), 186.
365. Z. f. Nahr.- u. Genußm. (1903), 1025.
366. Philipp, Journ. of science, **18**, 619.
367. Arch. d. Pharm. (1902), 53; s. a. Harz, Landw. Samenkunde, Berlin (1885), 1119.

368. Schroeder, Arch. d. Pharm. (1905), 628; Harvey u. Wilkie, J. Soc. Chem. Ind. (1905), 718.
369. V. H. Ingham, Amer. J. Pharm. (1897), 235.
370. A. Langer, Arch. d. Pharm. (1889), 626.
371. Pharm. Journ. (1908), 781.
372. A. Bornträger u. G. Paris, Z. Nahr.- u. Genußm. (1898), 159.
373. J. Bulir, ebenda (1912), 309.
374. Béla Lach, Seifens.-Z. (1913), 472; s. a. ebenda (1919), 116, 138.
375. Olig u. Brust, Chem. Rev. (1909), 172; Klimont, Z. angew. Chem. (1911), 254; s. a. Smith, J. Soc. Chem. Ind. (1892), 505; Dulière, Ann. de Pharm. (1897), 217.
376. Ubbelohde, Handb. II, 318.
377. J. Amer. Chem. Soc. (1903), 251.
378. Winfield, nach Lewkowitsch, Chem. Technol. (1905), II, 88.
379. Pharm. Weekbl. (1922), 1296.
380. Nach Harms, 485.
381. Kesava-Menon, J. Soc. Chem. Ind. (1910), 1431.
382. Nach Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1901), 353, ist Andiroba ein korrumpierter Ausdruck der Tupibenennung Landy-roba oder Jandy-roba (Jandy = Fett, Landy = Öl, groba = bitter).
383. Trop. Agrik., 2. Aufl., II, 530.
384. Corps gras ind. (1899), 129; Chem. Rev. (1899), 231.
385. The Analyst (1909), 10.
386. Ebenda (1908), 184.
387. Nach Heckel, Les graines grasses nouvelles, Paris 1902, ist das Andirobaöl v. *Car. guyanensis* flüssig (Schmelzpunkt etwa 15°) und das Tulucumafett v. *Car. procera* fest. Vom ersteren wird übrigens behauptet (Semler), daß es am Gewinnungsorte zuweilen mit dem Öl der *Omphelia diandra* vermischt würde.
388. So gebraucht Thalmann (Fette, Öle und Wachse) 1922, 185 Andirobafett = Carapafett, Wehmer (Pflanzenstoffe 1911, 418) nennt *Carapa procera* und *C. guayanensis* Aubl. als Stammpflanze des Carapafettes.
389. Nach Ubbelohde, Handb. II, 518.
390. The Analyst (1908), 276.
391. Ann. delle Lab. d. Gabelle (1891), **92**, 271; Z. anal. Chem. (1894), 571; Bull. Imp. Inst. (1903), 27.
392. J. Östling, nach Ubbelohde, Handb. II, 519.
393. Bull. Soc. Chim. de France (1911), 626; nach Ubbelohde, Handb. II, 519.
394. Pharm. J. Transact. III, **957**, 325; nach Arch. d. Pharm. (1888), 1138.
395. Apoth.-Z. (1904), 521; Chem. Rev. (1904), 178; Arb. Pharm. Inst. Berlin (1905), 326.
396. Analyst (1903), 342; Chem. Rev. (1904), 52.
397. Fendler, nach Ubbelohde, Handb. II, 517.
398. Dragendorff, Die Heilpflanzen (1898), 361.
399. J. Sack, Ind. Mercur (1903), nach Ubbelohde, Handb. II, 517.
400. Crossley u. Le Sueur, J. Soc. Chem. Ind. (1898), 991.
401. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1906), 185.
402. Peckolt, ebenda (1896), 159.
403. Sack, Chem. Rev. (1903), 83.
404. Niederstadt, Ber. pharm. Ges. (1902), 144.
405. J. Amer. Chem. Soc. (1903), 244.
406. Eibner, Über Fette, Öle usw., München 1922.
407. Ubbelohde, Handb. II, 124 ff.
408. van Itallie u. Nieuwland, Arch. d. Pharm. (1906), 159.
409. S. a. Jahresb. d. Pharm. (1918), 323.
410. O. Warburg, »Die Muskatnuß«, Leipzig 1897; Hallström, Arch. d. Pharm. (1895), 443 ff.
411. Semler, Trop. Agrik., 2. Aufl., II, 343.
412. Helfenberger Annal. (1892—1903).
413. S. auch Bower u. Salway, Proc. Chem. Soc. (1908), 197; ref. Seifens.-Ztg. (1909), 5.
414. Utz, nach Ubbelohde, Handb. II, 534; s. auch Utz, Chem. Rev. (1903), 11.
415. Ann. (1854), 369; Banghman, Jamieson, Braun, J. amer. chem. Soc. (1921), 199.
416. Nördlinger, Ber. Chem. Ges. (1885), 2617; Valenta, Z. angew. Chem. (1889), 3; Holde u. Bleymann, Ztschr. f. deutsche Öl- u. Fettind. (1921), 401.
417. Reimer u. Will, Ber. Chem. Ges. (1885), 2011.
418. Plantes de la Guajane, s. auch Schaedler, Technol., 2. Aufl., 813.
419. Les graines grasses nouvelles, Paris.
420. Heckel, a. a. O., S. 100.
421. Analyst (1908), 313.
422. Apoth.-Ztg. (1901), 598.
423. Diese u. d. folgenden s. Ubbelohde, Handb. II, 535 ff.
424. Chem. Ztrbl. (1909), I, 23.
425. Engler-Prantl, Die natürl. Pflanzenfamilien, Nachträge zu III, 2 (1897), 167.
426. Heckel, Les graines grasses (1902).
427. Wehmer, Pflanzenstoffe (1911), 220.
428. Hefter, Techn., 637 u. Heckel, a. a. O., S. 115.
429. Blasdale, J. Amer. Chem. Soc. (1895), 935.
430. Wehmer, Pflanzenst., 221.
431. Ann. des Fals. (1922), 405.
432. A. Allan, Pharmaz. Post (1904), 713, durch Chem. Ztrbl. (1905), 265.
433. Suzzi, Die Ölsamen und Früchte der Kolonie Erythraea, nach Ubbelohde u. Goldschmidt, Handb. II, 433.
434. Meister, Farbenztg. **16** (1910), 20.
435. Wallenstein u. Fink, Chem. Ztg. (1894), 1190; Crossley u. Le Sueur, J. Soc. Chem. Ind. (1898), 989.
436. Z. angew. Chem. (1888), 312.
437. Fahrion, Chemie der trockn. Öle (1911), 282.
438. Matthes u. Rossié, Arch. d. Pharm. (1918), 302.
439. J. de Pharm. et Chim. (1887), 268.
440. J. Franklin, Inst. (1901), 304.
441. Chem. Rev. (1913), 220.

442. Ubbelohde, Handb. II, 433.
443. J. de Chim. et Ind. (1922), 1122.
444. Nach Ubbelohde, Handb. II, 486 u. 487.
445. Harms, Öl- u. Fettpfl. Ostafrikas; Engler, Pflanzenwelt, 468; C. Grimme, Chem. Rev. (1910), 157.
446. Warburg, Ber. pharm. Ges. (1897), 216.
447. Harms, a. a. O., S. 468.
448. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1901), 46.
449. Heckel, Les graines grasses nouv., Paris (1902), 9.
450. Chem. Z. (1911), 478.
451. Grisebach, Die Vegetation d. Erde **1** (1872), 293.
452. Knoblauch, in »Engler-Prantl« **4**, **2**, S. 12.
453. Meyen, Pflanzengeographie **1**, 387.
454. Becker, Mexico (1834), 142.
455. Duchesne, Rep. des plantes utiles etc., S. 76.
456. Trop. Agrikult., 1. Aufl., II, 403.
457. Böhmer, Techn. Geschichte der Pflanze, **2**, 622.
458. Wiesner, 2. Aufl. u. Dugast in Ubbelohde, Handb. II, 15 ff.
459. Mastbaum, Chem. Rev. (1904), 89 und Chem. Ztg. (1922), 669; s. auch Sani, Atti Sc. Accad. dei Lincei, Rom (1912), I, 364 [Chem. Ztrbl. (1912), I, 1393].
460. J. Slans-Kantschieder, Österr.-Ungar. Z. f. Zuckerind. u. Landw. **26** (1897), 592.
461. Villavecchia u. Fabris, nach Ubbelohde, Handb. II, 29.
462. Hazura u. Grüßner, Monatsh. f. Chem. (1888), 944; (1889), 190, 242.
463. Ber. Chem. Ges. (1905), 1247.
464. Preuß, Die wirtschaftl. Bed. der Ölpalme. Tropenpflanzer **6**, 450 ff.
465. Die Frage der botanischen Klassifikation der Ölpalmensorten ist derzeit noch nicht vollständig gelöst. Die Lösung dieser Frage hat eine große Bedeutung für die Kulturversuche dieser Palme. Nach den übereinstimmenden Angaben von Preuß und Soskin sind die Sorten mit dünnschaligen Samen ölreicher als jene mit hartschaligen Samen. Als in dieser Hinsicht besonders ausgezeichnete Sorten werden von Preuß die »Lisombe« genannt aus Kamerun (l. c. 486) und von Soskin, die »Dé-Votchi« von Dahomey in Die Ölpalmen, Beih. z. Tropenpflanzer (1909), 322 angegeben.
466. Das Kaisertum Brasilien auf der Pariser Weltausstellung 1867. Rio de Janeiro, S. 65.
467. Maycock, Flora Barbadensis. London (1830), 391.
468. Semler, Trop. Agrikult., 2. Aufl., 667.
469. Soskin (465), 319.
469a. Soskin (465), 313.
470. Wehmer, Pflanzenstoffe (1911), 79; Semler, Trop. Agrikultur, 2. Aufl., I, 662.
471. Böhmer, Techn. Geschichte der Pflanzen **2**, 660 ff. Hier auch die ältere Literatur über diesen Gegenstand. Im 18. Jahrhundert wurde das Palmfett in Deutschland häufig imitiert, indem man tierischen Talg mit Curcuma färbte und durch Veilchenwurzel parfümierte (l. c. 161).
472. Semler, s. 470, S. 669.
473. Zippel-Thomé, Ausländ. Kulturpflanzen (1889), III, 8.
474. C. R. **167**, 673.
475. Seifens.-Ztg. (1913), 962.
476. Monatsh. f. Chem. (1889), 353.
477. Z. angew. Chem. (1895), 19.
478. Bull. Soc. Chim. (1911), 1083.
479. Nach Soltsien, Chem. Rev. (1908), 28.
480. The Analyst (1917), 35; Ref. Chem. Ztrbl. (1917), I, 1108.
481. Chem. Weekbl. (1915), 12; Ref. Pharm. Jahresber. (1915), 332.
482. Chem. Ztrbl. (1920), I, 712.
483. Hébert, Les matièr. grasses (1911), 2171.
484. Bull. Imp. London (1920), 18, 167.
485. Tropenpflanzer (1920), 29.
486. Philippin. Journ. **12**, 49.
487. Ebenda **21** (1922), 49.
488. Ebenda (1917), 55—86 u. 95—110 u. (1923) 55.
489. Ebenda **20**, 509.
490. Herbig, Chem. Rev. (1912), 157, s. auch Richardson, Journ. Ind. Eng. Chem. (1911), 574.
491. Chem. Rev. (1907), 199.
492. Chem. Ztg. (1914), 844.
493. Cat. des Col. franç. (1867), 89.
494. Ubbelohde, Handb. II, 583.
495. The Analyst (1914), 78; Z. angew. Chem. (1915), II, 99; s. auch Heiduschka, Z. angew. Chem. (1915), 304.
496. Seifens.-Ztg. (1908), 1272, 1359, 1387.
497. S. auch Kreyten, Chem. Weekblad (1915), 788; durch Chem. Ztrbl. (1915), II, 1031.
498. Z. f. Nahr.- u. Genußm. (1924), **61**.
499. Duchesne, Rep. d. plantes utiles etc., S. 26; Henkel, Die Naturprodukte im Welthandel (1868), I, 254.
500. Seemann, Die Palmen, Leipzig (1867), 55; Semler, Trop. Agrikultur, 2. Aufl., S. 658; Ubbelohde, Handb. II, 546.
501. Seifens.-Ztg. (1920), 486; s. auch Holmes, Deuel, Chem. Ztrbl. (1920), III, 102.
502. Apotheker-Ztg. (1916), 263.
503. Bull. Imp. Inst. Lond. (1920), 172.
504. Les Corps gras. ind. **30**, Nr. 1 u. 2; Chem. Rev. (1903), 236.
505. v. d. Driessen-Mareeuw, Nederl. Tijdschr. Pharm. (1899), 245; Bassiere, Journ. Pharm. Chim. (1903), 323; Pharm. Weekbl. (1905), 948; Bull. Imp. Inst. London (1920), 172; Jahrb. f. Pharm. (1921), 326.
506. S. Bray u. F. Elliot, The Analyst **41**, 298, Ref. Chem. Ztrbl. (1917), I, 112.
507. Bull. Imp. Inst. Lond. **20**, 147; Chem. Ztrbl. (1922), IV, 1090.
508. Fendler, Z. f. Nahr.- u. Genußm. (1903), 1025; Chem. Rev. (1904), 52.
509. Chem. Rev. (1910), 156.
510. Duchesne, Rep. des plantes utiles, S. 25; Cat. des Col. franç. (1867), 88.
511. J. Sack, Inspectie van den Landbouw in West-Indie, Bull. Nr. 5; Chem. Ztrbl. (1905), I, 1106.
512. Bassiere, J. Pharm. Chim. (1903), 323.
513. Ztschr. f. Nahr.- u. Genußm. (1903), 1025; Chem. Rev. (1904), 52.
514. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 845.

515. Schaedler, ebenda, 845; s. auch J. d. Pharm. et d. Chim. (1903), 323.
516. Ber. dtsch. pharm. Ges. (1902), 144.
517. Z. Nahr.- u. Genußm. (1914), 132.
518. C. A. Lathrap, Cotton Oil Press (1922), 32, nach Chem. Ztrbl. (1924), I, 921.
519. Knapp, J. Soc. Chem. Ind. (1914), 33.
520. Ubbelohde, Handb. II, 294.
521. Bloemendal, Pharm. Weekbl. (1906), 342.
522. Ber. pharm. Ges. (1898), 287.
523. Bull. Imp. Inst. **20**, 292.
523a. Pharm. Centralhalle (1911), 1141 ff. u. Chem. Rev. (1911), 53 u. 77.
524. Harz nach Ubbelohde u. Goldschmidt, Handb. II, 340.
525. Tropenpfl. (1921), 161.
526. Z. f. Nahr.- u. Genußm. (1903), 494; Chem. Rev. (1903), 179.
527. Chem. Rev. (1912), 143; ref. aus J. Ind. Eng. Chem. (1912), 229.
528. Farbenztg. **17** (1910/11), 739.
529. Ebenda **16**, 266.
530. Ebenda **17**, Nr. 6.
531. Chem. Umschau (1923), 2.
532. Ubbelohde, Handb. II, 133.
533. Arch. d. Pharm. (1896), 278.
534. Atti del Congresso intern. d. Chim. Rom (1906), 761.
535. Atti de Soc. ligustica d. sci. nat. (1895), fasc. 2.
536. Diss. Straßburg (1908); Chem. Rev. (1909), 10.
537. Monatsh. f. Ch. (1904), 537.
538. Nach Ubbelohde, Handb. II, 123.
539. Cl. Grimme, Chem. Rev. (1910), 156.
540. Arch. d. Pharm. (1911), 481.
541. Seifens.-Ztg. (1912), 791.
542. Ubbelohde, Handb. II, 515.
543. Schroeder, Arch. d. Pharm. (1905), 638.
544. V. Villavecchia nach Ubbelohde u. Goldschmidt, Handb. (1920), II, 309.
545. J. amer. Chem. Soc. (1903), 948.
546. Chem. Umsch. (1911), 111.
547. Atti d. Congress. Chim. appl. Rom (1906), 760.
548. Z. f. physiolog. Chem. (1917), 100 u. 159.
549. Davidsohn, Seifenfabrikant (1914), 178.
550. Schaedler, Technol. 706.
551. Harz, Landw. Samenkunde, Berlin (1885), 1070.
552. Nach Ubbelohde, Handb. II, 420.
553. Krassowski, J. Russ. Phys. Chem. Ges. (1906), 144; nach Chem. Ztrbl. (1906), II, 348.
554. Bücher, Tropenpfl. (1909), 184.
555. Chem. Rev. (1910), 266.
556. Ubbelohde, Handb. II, 139 ff.; über Anbau s. auch E. Senft, Seifens.-Ztg. (1915), 1059; Heinsberg, ebenda (1916), 53.
557. Mem. of the Depart. of the agric. in India (1907), Nr. 2; nach Ubbelohde (a. a. O.).
558. Ber. pharm. Ges. (1906), 34.
559. A. Berger, J. Pharm. Chim. (1921), 329.
560. Hazura u. Grüßner, Monatsh. f. Ch. (1888), 476.
561. Juillard, Bull. Soc. ch. d. Paris (1895), 238; s. auch Grün, Habilitationsschrift, Zürich 1908.
562. Ztschr. angew. Ch. (1913), 316.
563. Chem. Umschau (1923), 39.
564. Villavecchia, nach Ubbelohde, Handb. 114 ff.
565. Schaedler, Technol. (1883), 379.
566. Bornemann, Die fetten Öle, 243.
567. VI. intern. Kongr. f. angew. Ch. Rom **5**, (1906), 757.
568. Ebenda 759.
569. Ubbelohde, Handb. II, 122.
570. Ubbelohde, Handb. II, 101 u. 122; R. Meyer, Chem. Ztg. (1903), 958; Apoth.-Ztg. (1903), 684.
571. Ubbelohde, Handb. II, 120; De Negri u. Fabris, Chem. Ztg. Rep. (1906), 114.
572. Schaedler, Technol., 540.
573. Harms, Die Öl- und Fettpflanzen Ostafrikas, 471; Semler, Trop. Agric., 552.
574. Heckel, Grain. grasses nouv. (1902), 40.
575. Grimme, Chem. Rev. (1900), XVII, 157 (Kennzahlen).
576. Villavecchia, nach Ubbelohde, Handb. II, 117.
577. A. a. O., 751.
578. Jahresb. d. Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem (1906/1907).
579. Z. öffentl. Chemie (1907), 263; Z. Unters. d. Nahr.- u. Genußm. (1916), 499.
580. Chem. Revue (1908), 7.
581. Archiv d. Pharmazie **244**, Heft 3; Referat: Chem. Revue (1906), 172.
582. J. Russ. phys. Chem. Ges. (1904), 581; nach Ubbelohde, Handb. II, 409.
583. Arch. Pharm. (1922), 33.
584. Pharm. Ztg. (1916), 727.
585. Seifens.-Ztg. **93**, 897, 916.
586. Mat. grass. (1922), 620.
587. G. Clot, nach Chem. Ztrbl. (1923), I, 1372.
588. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 587.
589. Morgan, Brit. Trade Journ., Febr. 1872.
590. Bokorny, Chem. Ztg. (1900), 771; über die Entwicklung des Senföls s. Förster, Landw. Versuchsst. (1898), 417, 425; Kinzel, ebenda (1899), 191.
591. Monatsh. f. Chem. (1896), 309.
592. J. Soc. Chem. Ind. (1922), 988.
593. Bull. Soc. Chim. de France **31**, 414.
594. Farbenztg. **18** (1911/12), 583.
596. Z. angew. Ch. (1910), 1260.
597. Chem. Ztg. (1904), 867.
598. Ebenda u. Chem. Rev. (1902), 204; (1904), 231; Suzzi, Fabris u. Settimj, Schestakoff, Crossley u. Le Sueur, Jones, Rakusin, nach Ubbelohde, Handb. II, 337.
599. N. Tylaikow, Chem. Ztg. Rep. (1902), 85 (Nachr. d. Mosk. Landw. Inst.).
600. Chem. Rev. (1902), 256; Analyst (1902), 237.
601. Mat. grass. (1922), 6172.
602. Wehmer, Pflanzenst., 604.
603. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1902), 104.
604. J. Soc. Chem. Ind. (1910), 1431.
605. Baczewski, Monatsh. f. Chem. (1895), 866, nach Ubbelohde, Handb. II, 505.
606. Arch. d. Pharm. (1891), 182.
607. Ebenda u. Wijs, Z. physiol. Ch. (1899), 255.
608. Amer. Chem. J. (1894), 467.
609. Ubbelohde, Handb. II, 507.
610. Chem. Rev. (1920), 263.

611. Ber. Pharm. Ges. (1902), 110.
612. Schaedler, Pharm. Ztg. (1889), 340.
613. Ber. Pharm. Ges. (1904), 33.
614. Hébert, Bull. Soc. Chim. France (1911), 662; s. auch E. Perrot, Bull. des sci. pharmacol. (1914), 173; hier auch *Baileonella toxisperma.*
615. K. Wedemeyer, Chem. Rev. (1907), 35; H. Wagner u. H. Oestermann, Z. f. Nahr.- u. Genußm. (1912), 327.
616. Sudborough, Watson u. Chandorkar, J. Ind. Inst. Sci. **6**, 1.
617. Semler, Trop. Agric., 555; Hefter, Technol., 699.
618. Semler, 555.
619. Ebenda; de Jong u. Tromp de Haas, Chem. Ztg. (1904), Nr. 66.
620. Wehmer, 586.
621. Lewkowitsch, Analyst **31** (1905), 2.
622. Harms, Die Öl- und Fettpflanzen Ostafrikas, 483.
623. Semler, 556; Wehmer, 587.
624. Jahresb. d. Pharm. (1917), 42.
625. Schaedler, 617; Wellstein in Engler-Prantl IV, 3b, S. 67.
626. Tropische Agrikultur, 2. Aufl., Nr. 2, S. 543.
627. J. Chem. Soc. Ind. (1909), 499.
628. Muspratts Chemie, 4. Aufl., Bd. 3, S. 574.
629. Z. analyt. Chem. (1894), 572.
630. Tropenpflanzer (1903), 414.
631. W. Busse, Über einige Ergebn. m. Reise nach Kamerun u. Togo.
632. Memoirs of the Depart. of Agricult. **1** (1907), Nr. 2.
633. Landwirtschaftl. Versuchsst. (1899), 52.
634. Chem. Rev. (1909), 85.
635. J. Soc. Chem. Ind. (1901), 1083.
636. Chem. Ztg. (1912), 1272.
637. Z. ang. Chem. (1893), 505.
638. Arch. d. Pharm. **10**, 440.
639. Z. öffentl. Chem. (1899), 708.
640. Ubbelohde, Handb. I, 279.
641. Trop. Agrikultur, 1. Aufl., Bd. II, S. 480.
642. Analyst (1905), 394.
643. E. Milliau, le Beure de Dika, Marseille 1906, zit. nach Ubbelohde, Handb. II, 520.
644. O'Rorke, J. Pharm. Chim. **31**, 275.
645. Lemorrié, Chem. Rev. (1904), 126.
646. Z. anal. Ch. (1864), 233.
647. Mat. grass. (1922), 6303.
648. A. Arnaud, C. R. (1892), 79.
649. Chem. Rev. (1910), 156; (1912), 51.
650. Power u. Lees, Pharmaceutical J. **2** (1903), 183.
651. N. Kroner, Arch. d. Pharm. (1889), 626.
652. Harz, Landw. Samenkunde, Berlin (1885), 690.
653. Haberlandt, Die Sojabohne, Wien 1878.
654. Z. landw. Vers.-Wesen (1919), 251.
655. Ebenda (1917), 177.
656. Chem. Ztg. (1920), 194.
657. J. Ind. Eng. Chem. (1920), 49.
658. Chem. Rev. (1922), 202; s. auch B. Heinze, ebenda (1922), 362.
659. Oil, Paint, Drug Reporter (1922), 33, 50.
660. Chem. Umschau (1919), 7.
661. Farbenztg. (1912), 2470.
662. Ebenda **19**, Nr. 4.
663. Arch. Pharm. (1911), 424; Z. ang. Chem. (1912), 179.
664. Z. ang. Chem. (1915), 249.
665. J. Amer. Chem. Soc. (1922), 2974.
666. Amer. Journ. Pharm. (1920), 153.
667. Chem. Weekbl. (1919), 1552; Pharm. Zentr.-Halle (1920), 377.
668. Farben-Ztg. (1911), 2797; s. auch C. R. Fellers, Journ. Ind. Eng. Chem. (1921), 689 durch Jahrb. d. Pharm. (1921), 327.
669. Chem. Umschau (1913), 42.
670. Z. f. Nahr.- u. Genußm. (1922), 214; Über Anbauversuche in Deutschland s. Chem. Umschau (1919), 113 (Mißerfolg); dagegen hatte die Zentralstelle für Nutzpflanzen des Botan. Gartens in Dahlem b. Berlin mit frühreifenden Sorten Erfolg (s. Mitteil. des Botan. Gartens, 1921).
671. Tropenpflanzer (1923), 60.
672. Mjöen, Arch. d. Pharm. (1896), 286; s. auch Schwanert, ebenda (1894), 130.
673. Schaedler, Technol., 707.
674. Ampola u. Scurti, Gaz. chim. ital. (1904), 315; Chem. Rev. (1905), 53; H. Dubowitz, Seifenfabrikant (1917), 310.
675. Holde, Mitt. der Königl. Techn. Versuchsanstalt Berlin (1902), 66—67, (1903), 59, nach Ubbelohde, Handb. II, 210.
676. Szigeti, Z. landw. Versuchsw. in Österr. (1902), 1208; Meyer, Apotheker-Ztg. (1903), 684, nach Ubbelohde (a. a. O.).
677. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1909), 1314, nach Ubbelohde (a. a. O.).
678. Ubbelohde, Handb. II, 323.
679. Landw. Samenkunde (1885), 850.
680. Landw. Versuchsstation (1894), 254.
681. Ebenda (1902), 312.
682. Tolman u. Munson, J. Amer. Soc. Chem. (1903), 954.
683. Chem. Umschau (1923), 117.
684. Petrow, Seifensieder-Ztg. (1906), 921; Andés, Chem. Rev. (1909), 275; Bock, Farben-Ztg. **13** (1908), 1822.
685. K. Wedemeyer, Z. Nahr.- u. Genußm. (1906), 210.
686. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 578.
687. Th. Peckolt, Ber. pharm. Ges. (1900), 53; B. Niederstadt, ebenda (1902), 144.
688. Nach Ubbelohde, Handb. II, 56.
689. Harms, Die Öl- u. Fettpflanzen Ostafrikas, 481; Grimme, Chem. Rev. (1910), 156.
690. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 578.
691. Chem. Ztg. (1917), 755.
691. Nach Ubbelohde, Handb. II, 57 ff.
692. Kochs, Englers bot. Jahrbücher (1900), 578.
693. Siebold u. Zuccarini, Flor. Japon. (1835), 155.
694. Tsujimoti, Chem. Rev. (1908), 140.
695. Chem. Ztg. (1917), 755.
696. Arch. d. Pharm. (1902), 56; Chem. Umschau (1902), 82.
697. F. G. Wiechmann, Amer. Chem. Journ. (1895), 305; Chem. Rev. (1894/95), Nr. 21, S. 5.
698. Schaedler, Technol., 2. Aufl., 578.
699. Kennzahlen s. H. Thoms u. H. Michaelis, Ber. Pharm. Ges. (1916), 185.

700. Peckolt, Ber. Pharm. Ges. (1898), 283.
701. Arch. d. Pharm. (1898), 655.
702. Ebenda (1904), 17.
703. Ubbelohde, Handb. II, 208.
704. Jahresb. der Kgl. Gärtnerlehranstalt Dahlem (1906/07), 193.
705. Bull. Scienc. Pharm. (1919), 105.
706. J. Ind. Eng. Chem. (1919), 850.
707. Ebenda, 1134.
708. Ubbelohde, Handb. II, 220.
709. Ref. Chem. Ztg. (1911), 2033, vgl. a. M. Uffelhäuser, Chem. Umschau **20**, 20.
710. Journ. Ind. Eng. Chem. **56**, 919.
711. Bull. Scienc. Pharm. **26**, 105.
712. Chem. Rev. (1903), 219.
713. Grimme, Seifens.-Ztg. (1917), 891; K. P. Seifenfabrikant.
714. Chem. Rev. (1905), 109.
715. Farbenztg. **26**, 6.
716. J. Ind. and Eng. Chem. (1915), 1054; ref. Jahresb. f. Pharm. (1915), 338.
717. Arch. Pharm. (1899), 471.
718. Pharm. Zentralhalle (1911), 661.
719. Z. Nahr.- u. Genußm. (1912), 623.
720. J. Soc. Chem. Ind. (1901), 641.
721. Ber. Pharm. Ges. (1902), 143.
722. Schaedler, 186; Harms, 662; Arnold, Z. Nahr.- u. Genußm. **23**, Heft 8; Hefter II, 371.

H. Wolff.
A. Müller.

Gerbstoffe,

bearbeitet von W. v. Brehmer, Chemischer Teil von E. Konstanty,

Gallen von W. Figdor.

Inhaltsübersicht.

Gerbstoffe.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	810
I. Allgemeines, Begriffsbestimmung, Geschichtliches	810
II. Chemische Charakteristik	811
III. Allgemeine technische Eigenschaften, Gewinnung	842
IV. Statistik	845
B. Besonderer Teil	845
I. Aufzählung, systematische Gliederung, pflanzengeographische Verbreitung	845
II. Beschreibung der wichtigeren technisch verwandten gerbstoffhaltigen Pflanzenteile	863
a) Gerbrinden:	
1. Fichtenrinde	863
2. Hemlockrinde	865
3. Weniger wichtige Nadelholzrinden	866
4. Birkenrinde	867
5. Erlenrinde	868
6. Die mitteleuropäisch. Eichenrinden	868
7. Die südeuropäischen Eichenrinden	873
8. Die amerikanischen Eichenrinden	875
9. Weidenrinden	875
10. Persearinde	877
11. Die Wattle- oder Mimosenrinden	877
12. Mangroverinden	880
13. Eukalyptusrinden	882
14. Weniger wichtige Gerbrinden	885
15. Kino	888
b) Gerbhölzer:	
16. Kastanienholz	893
17. Quebrachoholz	893
18. Katechu	894
c) Gerbblätter:	
19. Gambir	896
20. Sumach	898
21. Shiniablätter	906
d) Gerbwurzeln:	
22. Ratanhiawurzel	909
23. Tormentillwurzel	909
24. Canaigre	909
25. Bodawurzel	911
e) Gerbfrüchte und Fruchtteile:	
26. Valonea	912
27. Myrobalanen	920
28. Bablah	923
29. Dividivi	928
30. Tari	931
31. Algarobillo	935
C. Literaturverzeichnis	937
I. Autorenverzeichnis des botan. Teils	937
II. Literaturverzeichnis des botan. Teils	939
III. Literaturverzeichnis des chem. Teils	944

Gallen.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	946
I. Begriffsbestimmung	946
II. Geschichtliches	946
III. Naturgeschichtliche Charakteristik	947
IV. Entstehung	948
V. Chemische Charakteristik	949
B. Besonderer Teil	950
I. Übersicht	950
II. Die wichtigsten Gallen	950
a) Gallen, die von Quercus-Arten abstammen:	
α) *Gallae asiaticae:*	
1. Aleppogallen	950
2. Bassorahgallen	953
β) *Gallae europaeae:*	
3. Moreagallen	955
4. Istrische Gallen	955
5. Kleine ungarische Gallen	955
6. Deutsche Gallen	956
7. Große ungarische Gallen	957
8. Knoppern	957
b) Auf Pistacia-Arten vorkommende Gallen:	
9. *Carobbe di Giudea*	959
10. Gul-i-pista	960
c) Gallen, die auf Rhus-Arten entstehen:	
11. Chinesische und japanische Galläpfel	960
12. Kakrásinghee	961
d) Auf Tamarix-Arten vorkommende Gallen	962
C. Literatur	962

A. Allgemeiner Teil.

I. Allgemeines, Begriffsbestimmung und Geschichtliches.

Gerbstoffe sind im Pflanzenreich ungemein weit verbreitet. In ganzen Familien und Familiengruppen finden sie sich in allen Teilen der Pflanze im Zellsaft für sich oder in Verbindung mit einem anderen Stoffe, z. B. einem Kohlenhydrat, gelöst, ohne daß man ihre physiologische oder biologische Bedeutung bisher hätte restlos aufklären können. Weder die Hypothese, daß Gerbstoffe nur Abbauprodukte komplizierterer organischer Verbindungen,

noch daß sie Schutzmittel gegen freßlustige Tiere wären, hat völlig befriedigen können. Die frühere Ansicht, nach der der Gerbstoff im Zellkern, in Stärkekörnern oder in den Zellwandungen vorhanden wäre, hat sich als unhaltbar erwiesen. Erst beim Absterben der Zelle werden die Gerbstoffe von den genannten Pflanzenteilen aufgenommen. Daneben haben viele Pflanzen besondere Sammelzellen, Gerbstoffschläuche, welche die Gefäßbündel begleiten oder im Parenchym der Stengel und Blattstiele angelegt sind.

Für den menschlichen Haushalt sind die Gerbstoffe in medizinischer und gerbereitechnischer Hinsicht wichtig. Je nach ihrem Gehalt und nach ihren sonstigen Beiprodukten, die sie für diesen oder jenen Zweck geeigneter erscheinen lassen, werden Wurzeln, Rinden, Hölzer, Blätter und Früchte eingesammelt und weiter verarbeitet.

Die Kenntnis des Gerbstoffs ist fast so alt wie die menschliche Kultur überhaupt. Schon die Chinesen verstanden die Bearbeitung der Tierhäute und ihre Überführung in Leder. In den Schriften der alten Ägypter finden wir Handwerker dargestellt, die unverwesliche (gegerbte) Tierhäute (= Leder) verarbeiten. Wir finden ferner die Kunst des Gerbens bei den Griechen und bei den alten Germanen. Als Arzneimittel werden gerbstoffhaltige Pflanzen schon in den Schriften des Hippokrates um 400 v. Chr. erwähnt.

Die älteste Art, Tierhäute zu bearbeiten, bestand wahrscheinlich nur in einem gründlichen Einfetten, wie es heute noch bei den Eskimos und anderen nordischen Völkern üblich ist. Das Material erhält hierdurch die für menschliche Gebrauchszwecke nötige Geschmeidigkeit. In wirtlicheren Gegenden lernte man bald, die pflanzlichen Erzeugnisse sich nutzbar zu machen. In planmäßiger Arbeit wurde unter Verwendung wirkungsvollerer Stoffe und verbesserter Methoden das Endprodukt für die Ansprüche immer geeigneter. Heute werden bestimmte Pflanzen als Gerbstofflieferanten bevorzugt. Doch hat das Suchen nach noch gehaltvolleren Rohstoffen auch jetzt noch nicht aufgehört.

II. Chemische Charakteristik der pflanzlichen Gerbstoffe.

Ganz allgemein versteht man unter Gerbstoffen Stoffe, die, in Lösung gebracht, tierische Haut in Leder zu verwandeln vermögen, wobei zu bemerken ist, daß dieses nicht allein durch organische Stoffe des Pflanzenreiches, sondern auch durch synthetische organische und ebenso durch anorganische Verbindungen geschehen kann.

Von den vielen Definitionen über die pflanzlichen Gerbstoffe sollen nur die wichtigsten angeführt werden. K. Freudenberg (333) sieht in den pflanzlichen Gerbstoffen komplizierte amorphe Verbindungen mit zahlreichen phenolischen Hydroxylen. Als charakteristische Reaktionen gibt er an: Sie bilden mit Leim, Alkaloiden und Bleiazetaten Niederschläge, lassen sich durch zahlreiche Elektrolyte ausflocken und geben mit Ferrisalzen grüne und blaue Färbungen. Er unterscheidet hydrolysierbare und kondensierte Gerbstoffe. Bei den ersteren sind die Benzolkerne durch Sauerstoffatome zum Komplex vereinigt, und man rechnet hierzu die Ester der Phenolkarbonsäuren untereinander oder mit anderen Oxysäuren (Depside), ferner die Ester der gleichen Säuren mit mehrwertigen Alkoholen und Zuckern, wohin man die Tannine, die Chebulinsäure, den Gerbstoff des Tees, der Knoppern und des Sumachs zählt, und schließlich die Glukoside, eine Gruppe, bei der die Gallussäure als phenolischer Komponent überwiegt, allerdings auch Kaffeesäure, Chebulinsäure und Ellagsäure anzutreffen sind. Durch Fermente wie Tannase und Emulsin werden die Gerbstoffe der letzten Gruppe hydrolysiert. Die kondensierten Gerbstoffe, bei denen Kohlenstoffverbindungen die Kerne zusammenhalten, lassen sich durch Fermente nicht in einfachere Komponenten zerlegen und kondensieren sich bei der Behandlung mit starken Säuren oder auch bei der Oxydation zu hochmolekularen amorphen Stoffen, den Phlobaphenen oder »Gerbstoffroten«. Er unterscheidet je nach dem Vorhandensein oder Fehlen eines Phlorogluzinkerns:

phlorogluzinhaltige Gerbstoffe (Katechine nebst den zugehörigen amorphen Gerbstoffen und Gerbstoff-

roten, Quebracho-, Filix- und Eichengerbstoff) und phlorogluzinfreie Gerbstoffe, die noch wenig erforscht sind.

Nach Dekker (334) sind die Gerbstoffe vielwertige Phenole, welche einen Protokatechu- oder Gallussäurerest enthalten. Ihr Molekulargewicht ist sehr hoch. Sie sind amorph und verhalten sich in Lösung wie kolloide Körper. Erhitzt schmelzen sie nicht, sondern verkohlen unter Freiwerden von Pyrogallol oder Brenzkatechin. Die Anzahl der durch Brom ersetzbaren H-Atome ist verschieden. Durch Schwermetalle werden unlösliche Niederschläge von wechselnder Zusammensetzung erhalten, ebenso wie die Gerbstoffe Fällungen wechselnder Zusammensetzung mit Alkaloid-, Leim-, Eiweiß- und Pflanzenschleimlösungen geben.

Er schlägt folgende Einteilung vor:

I. Urstoffe: Katechin, Ellagsäure, Gallussäure.

II. Echte Gerbstoffe:
   a) Gallusgruppe (Gallus-, Tee-, Sumachgerbstoff);
   b) Ellagsäuregruppe (Dividivi-, Algarobilla-, Myrobalanen-, Granatgerbstoff);
   c) Eichenrindengruppe (die große Zahl Rot liefernder Gerbstoffe).

III. Unechte Gerbstoffe (Kaffee-, Maté-, Hopfengerbstoff, Igasursäure).

H. Gnamm (335) fügt noch zu der allgemeinen Charakteristik die leichtere und schwerere Löslichkeit in Wasser, Alkohol, Alkohol-Äthergemischen und Essigäther hinzu. Unlöslich sind die Gerbstoffe in wasserfreiem Äther, Petroläther, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und Benzol. Sie besitzen einen adstringierenden Geschmack und sind leicht oxydierbar, wodurch sie mehr oder weniger dunkel gefärbt werden. Bei Gegenwart von Alkalien geht die Oxydation schneller vor sich. Da die meisten Gerbstoffe hygroskopisch sind, hängt ihr Wassergehalt von der Luftfeuchtigkeit ab. Zur Einteilung der Gerbstoffe schreibt Gnamm dann weiter: »Jeder Versuch, die bekannten Gerbstoffe in einer Klasseneinteilung unterzubringen, wird auf Kompromisse angewiesen sein, solange es nur ganz wenige Gerbstoffe sind, deren chemische Natur, Konstitution usw. wir einwandfrei kennen. Es wird immer möglich sein, dem einen oder anderen Gerbstoff die Zugehörigkeit zu dieser oder jener Klasse abzusprechen und eine Begründung herauszufinden, ihn wo anders einzureihen. Letzten Endes ist hieran nur unsere Unkenntnis von diesen komplizierten Naturstoffen schuld.« Gnamm teilt in Anlehnung an Prokter-Stenhouse die Gerbstoffe in Pyrogallol- und Pyrokatechingerbstoffe ein, rechnet zu einer dritten Gruppe alle die Gerbstoffe, deren Konstitution unbekannt oder zweifelhaft ist und zu einer vierten Gruppe die gerbstoffähnlichen Stoffe. Gnamm stützt sich bei dieser Einteilung auf die beiden grundlegenden Unterscheidungsreaktionen, auf die mit Formaldehyd-Salzsäurelösung nach Stiasny, durch die nur die Pyrokatechingerbstoffe vollständig gefällt werden und auf die Nitrosomethylurethanreaktion nach Vogel, durch die die Pyrogallolgerbstoffe nachgewiesen werden können. Auf die beiden Reaktionen wird noch im folgenden hingewiesen.

Interessant sind noch einige ältere Einteilungen der Gerbstoffe. Man schied früher die Gerbstoffe in zwei Klassen, solche, die mit Eisenchlorid Grünfärbungen und solche, die Blaufärbungen erzeugten. Diese Scheidung war indes nicht korrekt, denn viele andere Verbindungen geben ähnliche Farbenreaktionen, ohne selbst Gerbstoffe zu sein.

Kunz-Krause (336) scheidet die Gerbstoffe in vier Gruppen:

1. Gruppe: Ausgangsverbindungen (Protokatechusäure, Gallussäure, Kaffeesäure);

2. Gruppe: Echte Tannoide (Protokatechutannoide und Gallotannoide);

3. Gruppe: Glukotannoide;

4. Gruppe: Phloroglukotannoide.

Hlasiwetz (337) zählte die Gerbstoffe zu den Phlorogluziden, Phloroglukosiden und Gummiden.

Unterscheidungsreaktionen.

Wenn schon oben einige allgemeine charakteristische Reaktionen bei der Definition der Gerbstoffe erwähnt wurden,

so muß doch wegen der technischen Wichtigkeit der Gerbstoffe auf die speziellen Reaktionen und quantitativen Bestimmungen genauer eingegangen werden.

Zur Unterscheidung der Pyrogallol- und Pyrokatechingerbstoffe kann man sich folgender Reaktionen bedienen:

1. der Formaldehydsalzsäurereaktion nach Stiasny (343);
2. der Nitrosomethylurethanreaktion nach Vogel und Schüller (344);
3. der Bromwasserreaktion nach Stiasny und Wilkinson (345);
4. der Bleiazetatreaktion nach Stiasny (345, 346);
5. der Ausfärbung auf Garanzinestreifen nach Paessler (347, 348);
6. der Schwefelammoniumreaktion nach Eitner und Meerkatz (349).

Zur Ausführung der Formaldehydsalzsäurereaktion werden 500 ccm filtrierter Gerbstofflösung mit 25 ccm einer Mischung von 100 ccm Salzsäure und 150 ccm Formaldehyd am Rückflußkühler eine halbe Stunde gekocht und nach dem Abkühlen filtriert. 10 ccm dieses Filtrats werden mit 10 Tropfen einer 1%igen Eisenalaunlösung und 1 g Natriumazetat versetzt. Man beobachtet nun, ob die über dem Natriumazetat stehende Flüssigkeit eine blaue oder violette Färbung annimmt.

Durch Formaldehydsalzsäure tritt bei den Pyrokatechingerbstoffen eine völlige Fällung ein, während die Pyrogallolgerbstoffe gar nicht oder nur zum Teil reagieren. Liegen nun sowohl Pyrogallol- und Pyrokatechingerbstoffe vor, so läßt die Fällung noch nicht die Anwesenheit von Pyrogallolgerbstoffen erkennen, erst das Auftreten der violetten Zone nach Zusatz von Eisenalaun und Natriumazetat zeigt ein Vorhandensein von Pyrogallolgerbstoffen an.

Die von Stiasny ausgearbeitete Tabelle (siehe oben) mag hier die Reaktionen der einzelnen Gerbstoffe veranschaulichen (343).

Gerbmittel	Fällung mit Formaldehydsalzsäure	Reaktion des Filtrates mit Eisenalaun
Quebracho	vollständig	—
Katechu	„	—
Mangrove	„	—
Hemlock	„	—
Fichte	„	schwachviolett
Eichenrinde	fast vollständig	blau
Birke	vollständig	zartgrün
Weide	„	—
Mimosa	„	—
Sumach	fast vollständig	violett
Gambir	vollständig	keine Reaktion
Myrobalanen	heiß: geringe Fällung abgekühlt: geringe Fällung	violett
Knoppern	heiß: sehr geringe Fällung abgekühlt: sehr geringe Fällung	blauviolett
Valonea	heiß: klar abgekühlt: geringe Fällung	blauviolett
Gallen	heiß: geringe Fällung abgekühlt: beträchtl. Fällung	blauviolett

Die Nitrosomethylurethanreaktion wird so ausgeführt, daß man 10—12 ccm klar filtrierte Gerbstofflösung mit 3—5 Tropfen 10%iger Salzsäure kocht. Die Lösung muß klar bleiben, zuerst etwa auftretende Trübungen verschwinden beim Kochen. Setzt man nun 5—7 Tropfen Nitrosomethylurethan hinzu und erhitzt weiter, bis die öligen Tröpfchen des Reagens völlig verschwunden sind, so bildet sich unter brauner bis weinroter Verfärbung bei den Pyrokatechingerbstoffen ein dunkelbrauner bis gelbbrauner Niederschlag, der bei den Pyrogallolgerbstoffen nicht auftritt. Hierbei ist die Fällung der Pyrokatechingerbstoffe quantitativ. Kommen beide Gerbstoffarten nebeneinander vor, so kann man nach langsamem Abkühlen der Lösung die über dem Niederschlag sich findende Flüssigkeit abfiltrieren und mit Eisenalaun und Natriumazetat auf vorhandenen Pyrogallolgerbstoff prüfen. Es tritt dann die Reaktion ein, wie sie vorher beschrieben ist. Auch die Pyrogallolgerbstoffe geben nach längerem Stehen einen Niederschlag, der aber im Gegensatz zu den Pyrokatechingerbstoffen beim Kochen mit Wasser leicht wieder gelöst wird.

Im folgenden seien einige Gerbstoffe mit ihren Reaktionserscheinungen angeführt (335):

Gerbstoff	Verhalten bei Zusatz des Reagens	Farbe des Niederschlages	Farbe des Filtrates	Prüfung des Filtrates mit Eisenalaun u. Natriumazetat
Birkenrinde	Dunkelrotfärbung. Niederschlag	rotbraun	gelbbraun	keine Dunkelfärbung
Fichtenrinde	desgl.	gelblich bis weinrot	rotbraun	
Gambir	geringe Rotfärbung. Niederschlag	rotgelb	gelbbraun	
Malettorinde	Dunkelrotfärbung. Niederschlag	gelbbraun	dunkelrot	
Mangroverinde	desgl.	braunrot	rot bis weinrot	
Mimosarinde	desgl.	gelbbraun	weinrot	
Katechu	desgl.	schokoladenbraun	braungelb	
Hemlockrinde	desgl.	bräunlichgelb	goldgelb	
Quebracho	desgl.	schokoladenbraun	rotbraun	
Ulmorinde	desgl.	rotbraun	„	
Weidenrinde	desgl.	„	fast wasserhell	

Während die Pyrokatechingerbstoffe mit Bromwasser eine Fällung geben, werden durch Bleiazetat in essigsaurer Lösung die Pyrogallolgerbstoffe gefällt. Auch nach letzterer Reaktion, die man so ausführt, daß man 5 ccm Gerbstofflösung mit 5 ccm einer 10%igen Bleiazetatlösung versetzt, kann man jetzt die Eisenalaun-Natriumazetatreaktion anwenden. Zu beachten ist hierbei, daß sulfitierte Gerbstoffauszüge immer eine Fällung mit Bleiazetat geben.

Laufmann (350) hat diese Bleiazetatreaktionen tabellarisch zusammengestellt:

Gerbstoffauszug von	Verhalten bei Zusatz von Essigsäure u. Bleiazetat	Farbe des Filtrates nach Zusatz von Eisenalaun	Farbe des Filtrates nach Zusatz von Eisenalaun u. Natriumazetat
Quebrachoholz	keine Fällung	grün bis olivgrün	violett
Mangroverinde	desgl.	olivgrün	„
Mimosenrinde	desgl.	tief blauviolett	tief blauviolett
Fichtenrinde	desgl.	olivgrün	violett
Gambir	desgl.	grün	tiefgrün (mit hellblau)
Katechu	desgl.	„	violett
Hemlockrinde	desgl.	„	„
Ulmo	desgl.	„	„
Eichenholz	vollständige Fällung	keine beständige Farbe	keine beständige Farbe
Kastanienholz	unvollständige Fällung	hellviolett	violett
Myrobalanen	desgl.	tief blauviolett	tief blauviolett
Sumach	desgl.	violett	violett
Dividivi	desgl.	„	„
Valonea	vollständige Fällung	keine beständige Färbung	keine beständige Färbung
Algarobilla	unvollständige Fällung	violett	violett
Zelluloseauszug	keine Fällung	keine beständige Färbung	keine beständige Färbung

Gibt man zum Filtrat anstatt des Natriumazetats und des Eisenalauns Natronlauge, so entstehen gelbliche Färbungen bei Quebracho, Hemlockrinde, Ulmo, Gambir und Sumach.

Zur Garanzinestreifenreaktion werden 25 ccm Gerbstofflösung mit Wasser auf 1 Liter verdünnt. Man gibt nach dem Aufkochen der Flüssigkeit den Garanzinestreifen hinzu und erhitzt dann noch eine halbe Stunde unter Ersatz des verdampfenden Wassers weiter. Nach dem Herausnehmen des ersten Streifens, den man abspült und trocknet, gibt man einen zweiten in die Gerbstofflösung, kocht wieder eine halbe Stunde und ersetzt den herausgenommenen Streifen durch einen dritten, vierten bis neunten, bis die Gerbstofflösung völlig erschöpft ist.

Die Garanzinestreifen sind mit Metallsalzen vorgebeizt, meist sind dies Aluminium-, Titan-, Zirkon-, Wismut- und andere Verbindungen — Schneider und Seiwerth (348) haben Reaktionen mit 27 verschiedenen Metallsalzen ausgeführt. — Durch die Gerbstoffe werden die

einzelnen Garanzinestreifen verschieden gefärbt, wobei zu bemerken ist, daß die Farbenreaktionen zwischen Pyrogallol- und Pyrokatechingerbstoffen die größten Unterschiede aufweisen. Es seien hier nun kurz einige Beispiele dieser Farbreaktionen angeführt:

Mit Aluminiumsalzen vorgebeizte Streifen geben folgende Reaktionen:

grünlichgelb: Myrobalanen, Algarobilla, Granatrinde, Dividivi, Sumach, Knoppern, Valonea;
unrein und schwach gelbbraun: Eichenholz, Kastanienholz, chinesische Gallen, Maletto;
graubraun: Bablah, Weidenrinde, Eichenrinde;
rötlichbraun: Kino, Mimosa, Fichtenrinde, Hemlockextrakt, Quebracho, Mangrove;
lichtbraun: Gambir;
stark braungelb: Katechu;
braunorange: Ratanhiawurzel.

Die Farbenreaktionen mit Wismut, Zirkon, Titan u. a. verlaufen vielfach in ähnlicher Weise. Bemerkt sei jedoch, daß aber auch nach dem Alter und dem Ursprung der einzelnen Gerbstoffrohmaterialien verschiedene Farbreaktionen auftreten.

Schließlich sei noch die Schwefelammoniumreaktion erwähnt. 100 ccm einer 2%igen Gerbstofflösung werden mit 0,5 ccm Schwefelsäure einige Minuten gekocht. Man läßt abkühlen, gibt dann 20 g Natriumchlorid hinzu und filtriert vom Niederschlag ab. Versetzt man nun 15 ccm einer stark verdünnten Schwefelammoniumlösung (ungefähr 3 %) mit 1,5 bis 2 ccm des Filtrates, so entstehen bei allen Pyrogallolgerbstoffen gefärbte Niederschläge, aber auch bei einigen Gerbstoffen der Pyrokatechingruppe, so z. B. bei:

Mimosarinde: rötlichweiß (335);
Malettorinde: gelbbraun;
Eichenrinde: gelblich, später rehbraun;
Hemlockrinde: nach längerer Zeit gelbbraun.

Die Farbenreaktionen der Pyrogallolgerbstoffe sind folgende:

Kastanienholz: bräunlich, später rot;
Eichenholz: gelblich, später bordeauxrot;
Myrobalanen: grüngelb unverändert;
Dividivi: hellgrünlichgelb unverändert;
Valonea: gelblichgrün, später chamois;
Knoppern: gelblich, später rotbraun.

Allgemeine Reaktionen.

Von den allgemeinen Reaktionen der Gerbstoffe ist die der Leimfällung besonders hervorzuheben. Wenn man auch die chemischen Vorgänge dieser Reaktion noch nicht kennt — man faßt die Fällung als Adsorptionsverbindungen auf — so zeigt diese Reaktion sicher die Anwesenheit von Gerbstoffen an. Glaubt man durch andere Reaktionen Gerbstoffe nachgewiesen zu haben, so mag die Fällung mit Leimlösung den Ausschlag in der Beurteilung geben. Man führt die Reaktion so aus, daß man zu einer $^1/_2$%igen Gerbstofflösung tropfenweise eine $^1/_2$%ige Leimlösung hinzufügt. Die Empfindlichkeit der Reaktion hängt von den einzelnen Gerbstoffen ab und ist verschieden, sie läßt sich jedoch steigern durch Zusatz von Kochsalz, durch Zusatz von sehr wenig Salzsäure und durch Abkühlen der Gerbstoff-Leimlösung auf 0°. An Stelle der wässrigen Gerbstofflösungen werden auch wässrig-alkoholische bevorzugt. Die Fällungen werden durch heißes Wasser mehr oder weniger gelöst und geben, was wohl die Ansicht, daß es sich um Adsorptionsprodukte handelt, bestärken mag, an Alkohol den Gerbstoff ab. Auch ungelöste Proteine absorbieren Gerbstoff.

Neben den Alkaloidlösungen werden auch verdünnte Lösungen des Pyridins, Antipyrins und Chinolins durch Gerbstoff gefällt, ein Verhalten, das viele Phenole und Phenolkarbonsäuren zeigen.

Mit Eisenalaunlösung geben die Gerbstoffe bei Abwesenheit von Mineralsäuren Farbenreaktionen, und zwar die Pyrogallolgerbstoffe meist eine blaue bis blauviolette, die Pyrokatechingerbstoffe eine grünliche. Jedoch ist bei dieser Reaktion zu beachten, daß auch mehrere Pyrokatechingerbstoffe dieselbe Reaktion geben wie die Gerbstoffe der Pyrogallolklasse.

Auch Vanadinsäure und deren Ammoniumsalz geben mit Gerbstoffen Farbenreaktionen.

Setzt man zu wässrigen Gerbstofflösungen Ammonium- oder Kaliumkarbonat hinzu, so werden viele

Gerbstoffe gefällt, aus alkoholischen Lösungen geschieht dieses durch alkoholische Kaliumazetatlösung. Eine Rotfärbung tritt ein, wenn man Natriumsulfitkristalle mit Lösungen verschiedener Gerbstoffe benetzt. Durch Kaliumdichromat entstehen dunkle Färbungen oder dunkle, körnige Ausscheidungen.

Die Erdalkalihydroxyde geben mit Gerbstofflösungen ebenfalls Fällungen, die vielfach gefärbt erscheinen und infolge der Oxydation der Luft von einer Farbe in die andere übergehen. Gnamm (335) führt hier einige charakteristische Reaktionen an, die mit Kalkwasser erhalten wurden:

Gerbmittel	Auftretende Reaktion
Katechu	sich langsam bildender rötlicher Niederschlag
Gambir	kein Niederschlag
Fichtenrinde	brauner Niederschlag
Mangroverinde	roter Niederschlag, dunkelt nach
Quebracho	lichtbrauner Niederschlag
Mimosarinde	rötlich- oder gelbbrauner Niederschlag
Eichenrinde	rötlichbrauner Niederschlag
Sumach	gelber Niederschlag, wird hellgrün
Myrobalanen	gelber, grünlich werdender Niederschlag
Dividivi	gelber Niederschlag, wird purpurrot
Valonea	desgl.

Mit vielen Metallsalzen geben Gerbstoffe unlösliche oder schwer lösliche Verbindungen, am besten verwendet man zur Ausführung der Reaktion die Azetate. Die Blei-, Zink- und Thalliumverbindungen haben vielfach Verwendung bei der Reinigung und fraktionierten Abscheidung der natürlichen Gerbstoffe gefunden. Die Niederschläge sind aber niemals gleichmäßig zusammengesetzt und können daher zur quantitativen Bestimmung nicht herangezogen werden.

Gibt man ein Gemisch von Zinnchlorür und konzentrierter Salzsäure zu den Gerbstoffen der Mimosenarten und Koniferen, so entsteht eine rosenrote Färbung.

Reduzierende Wirkungen üben die Gerbstoffe auf Goldchlorid und auf Fehlingsche Lösung aus. Bei ersterem entsteht eine rote kolloide Goldlösung, bei letzterem Kupferoxydul.

Unterschichtet man Gerbstoffauszüge mit konzentrierter Schwefelsäure, so bildet sich bei vielen Gerbstoffen an der Berührungsstelle ein farbiger Ring. Man kann dann umschütteln, wodurch der ganze Inhalt des Reagenzglases die Farbe annimmt, die sich beim Verdünnen mit Wasser aber vielfach ändern kann. Einige Beispiele seien angeführt (491):

Gerbstoff	Farbe d. Lösung nach Zusatz von H_2SO_4	Farbe nach dem Verdünnen mit H_2O
Katechu	rotbraun	rotbraun
Lärchenrinde	tief rotbraun	tief rotbraun
Fichtenrinde	„	„
Acacia catechu (Leguminosae)	rotbraun	rotbraun
Eichenrinde	karmin	blaßrot
Gambir	„	braun
Hemlockrinde	„	rötlich
Dividivi	karminrot	karminrot
Sumach	gelb	gelb
Myrobalanen	„	„

Arsensäure (333) in alkoholischer Lösung verursacht in Gerbstofflösungen gallertartige Abscheidungen.

Osmiumtetroxyd gibt nach Ainsworth Mitchell noch in sehr verdünnten Lösungen von Tannin und Tanninabkömmlingen je nach der Konzentration rötlichviolette bis dunkle Färbungen.

Durch Furfurol werden bei Gegenwart von Salzsäure ebenfalls schwarze bis braune Niederschläge erhalten, die in heißem Alkohol, Ammoniak, Kalium- und Natriumhydroxyd leichter oder schwer löslich sind.

In manchen Gerbstoffen der Pyrokatechinklasse ist auch ein Phlorogluzinkern enthalten. Dieser kann mit Hilfe der Fichtenspanreaktion nachgewiesen werden. Der Fichtenspan wird zuerst mit konzentrierter Salzsäure befeuchtet und darauf mit dem Gerbstoffextrakt. Nach einiger Zeit, mitunter auch erst nach einigen Stunden, tritt eine rote bis violette Färbung auf. Diese Reaktion ist nicht sehr empfehlenswert, da auch verschiedene Phenole und Phenolderivate dieselbe Reaktion geben.

Löslichkeit der Gerbstoffe.

Ehe auf die quantitative Bestimmung der Gerbstoffe eingegangen werden kann, sei einiges über das Verhalten der Gerbstoffe zu Lösungsmitteln gesagt.

Die Gerbstoffe sind in Wasser teils nicht, teils schwerer löslich, und zwar lösen sich allgemein die amorphen Gerbstoffe leichter in kaltem Wasser als die kristallisierten. Nimmt man dem kristallisierten Gerbstoff das Kristallwasser, so löst er sich, wie dies beim Katechin und bei der synthetischen Digallolylglukose der Fall ist, leicht auf, um sich dann aus der Lösung allmählich kristallinisch abzuscheiden (333). Bei gelinder Wärme sind viele Gerbstoffe leicht wasserlöslich.

Die Diprotokatechinsäure, die Digallussäure und das Hamamelitannin kristallisieren aus ihren Lösungen nicht aus, sondern erstarren zu Gallerten (333); sie nähern sich also in ihrem Verhalten den Kolloiden. Die amorphen Gerbstoffe sind Semikolloide (351). Die Molekulargrößen, die man durch Gefrierpunktserniedrigung hat feststellen wollen, waren unwahrscheinlich hoch, und stark von der Konzentration der Lösung abhängig, was vergleichende Untersuchungen durch andere Verfahren, Siedepunktserhöhung oder Essigätherverfahren, bewiesen haben. Man ist daher geneigt anzunehmen, daß die Gerbstoffe in ihren Lösungen in Form von Molekularaggregaten vorhanden sind, deren Assoziationsgrad mit fallender Konzentration abnimmt.

Auch der Drehungswert einer Gerbstofflösung ist von der Konzentration der wässrigen Lösung abhängig. »Beim Tannin wächst«, wie Freudenberg schreibt, »die spezifische Drehung mit abnehmender Konzentration und aus der Kurve der Zunahme geht hervor, daß der Drehungswert in dem der Messung noch zugänglichen Verdünnungsbereiche stets weiter steigt.«

Die Gerbstoffe vermögen ähnliche amorphe Substanzen, die Phlobaphene oder Gerbstoffrote, die stets als Begleiter der Gerbstoffe auftreten, und die selbst unlöslich oder schwer löslich sind, in Lösung zu bringen. Der Beimengung dieser Substanzen glaubt man auch die Nichtkristallisierbarkeit der Naturgerbstoffe zuschreiben zu müssen. Wie weit diese Annahme berechtigt ist, sei dahingestellt. Jedenfalls ist es unmöglich, die Gerbstoffe von diesen Stoffen zu trennen, ganz besonders deshalb, weil alle erdenklichen Übergänge zwischen ihnen auftreten.

Während durch Mineralsäuren und deren Salze Gerbstoffe gefällt werden, geschieht dieses durch organische Säuren nicht. Von anderen organischen Lösungsmitteln kommen in Frage: Pyridin, das fast alle Gerbstoffe löst; ihm schließen sich an Glyzerin, Phenol und Glykol. Azeton, Äthyl- und Methylalkohol wirken verschieden bei den einzelnen Gerbstoffen. Essigäther, Amylalkohol und Äthylmethylketon, die auch als gute Lösungsmittel angesehen werden, werden zum Ausschütteln der Gerbstoffe aus ihren wässrigen Lösungen benützt. Ein schlechtes Lösungsmittel ist der Äther; Chloroform, Benzol und Ligroin lösen Gerbstoffe so gut wie gar nicht.

Quantitative Bestimmung der Gerbstoffe.

Eine offizielle Methode zur Bestimmung der Gerbstoffe ist die auf der Konferenz der Leder-Industrie-Chemiker in Brüssel vorgeschlagene Hautpulvermethode, bei der man ein sogenanntes »Filterverfahren« und das »Schüttelverfahren« unterscheidet. Zur Ausführung der Prüfung wird das gerbstoffliefernde Pflanzenmaterial mit heißem Wasser extrahiert. Man teilt die Lösung, nachdem man sie völlig klar filtriert hat, in mehrere Teile, dampft einen zur Trockne ein und erhält so den Gesamttrockenrückstand. Einen anderen Teil der Lösung filtriert man (Filtermethode) durch chromiertes Hautpulver unter Benützung einer Prokterschen Filterglocke, oder man schüttelt (Schüttelmethode) in einer Schüttelmaschine mit dem Hautpulver. Durch das nach einem besonderen Verfahren hergestellte Hautpulver wird der Lösung der Gerbstoff entzogen. Das erhaltene Filtrat muß völlig klar sein und darf sich auf Zusatz von Leimlösung nicht trüben. Bei dieser Bestimmungsmethode ist zu beachten, daß die Temperatur nicht über 20° liegt, da sonst ungenaue Werte zu verzeichnen sind.

Das klare Filtrat wird nun seinerseits zur Trockne eingedampft. Die Differenz zwischen dem erst erhaltenen Trockenrückstand und dem letzteren zeigt die Gerbstoffmenge an.

Diese Bestimmungsmethode ist keine streng wissenschaftliche und ermangelt

auch der Exaktheit, mit der man sonst quantitative Bestimmungen auszuführen gewohnt ist. Dazu kommt, daß auch Nichtgerbstoffe durch Hautpulver absorbiert werden, was natürlich eine Beeinflussung der Resultate zur Folge hat.

Eine ältere Methode ist die von Löwenthal angegebene, die durch Titration mit Kaliumpermanganat ausgeführt wird. Man versetzt die Gerbstofflösung mit Indigoschwefelsäure und titriert, nachdem man vorher eine Kontrolltitration mit der Indigoschwefelsäurelösung allein ausgeführt hat, die man bei der Berechnung der Gerbstoffmenge mit zu berücksichtigen hat. Da aber auch die Nichtgerbstoffe durch Permanganat oxydiert werden, entgerbt man durch Zusatz von Hautpulver die Farbstofflösung und titriert das Filtrat. Der Unterschied der Titrationen der beiden Lösungen gibt den Gerbstoffgehalt an.

Andere neuere Gerbstoffbestimmungsverfahren sind die Bestimmungen nach Vanicek (353), Schultz und Blackadder (354), Wilson-Kern (355), Lewi und Orthmann (356), Sing und Ghose (357) u. a. m., die aber das internationale Bestimmungsverfahren nicht haben verdrängen können, namentlich weil sie in gewissem Sinne keine wesentliche Verbesserung des Hautpulververfahrens darstellen und auch teilweise recht schwankende Werte bei den Bestimmungen geben.

Ferner sind Bestimmungsverfahren zur Ermittelung des Zuckergehaltes, der freien Säuren, der flüchtigen Säuren und der Eiweißstoffe ausgearbeitet worden, jedoch muß hier auf die einschlägigen Spezialwerke verwiesen werden.

Wenn ein Pflanzenteil zu technischen Zwecken Verwendung finden soll, muß er wenigstens 4—6 % Gerbstoff enthalten.

Aus nebenstehender Tabelle (nach Paessler) ist der Gerbstoffgehalt der wichtigsten Pflanzenteile ersichtlich.

Veränderungen der Gerbstoffe.

In wässriger Lösung erfahren die Gerbstoffe durch die Einwirkung der Luft Dunkelfärbungen. Beim längeren Kochen findet eine Aufspaltung der Ester und Glukoside statt und die Gerbstoffrot liefernden Gerbstoffe scheiden hierbei Rot ab. Das Hydrolysieren geht durch Einwirkung von verdünnten Mineralsäuren schneller vonstatten.

Auch Alkalien wirken hydrolysierend bei Gerbstoffen, deren Bestandteile esterartig miteinander verbunden sind. Bei den Phlorogluzinderivaten wird die Bindung zwischen dem Phlorogluzin und dem nächsten Kohlenstoffatom gesprengt.

So wird zum Beispiel schon in der Kälte bei Luftabschluß aus Tannin Gallussäure abgespalten, bei Gegenwart von Luft entsteht Ellagsäure. Durch Einwirkung von Ammoniak auf Tannin bildet sich Gallamid.

Die Glukoside sind verdünnten Alkalien gegenüber sehr beständig.

Bei den durch die Kalischmelze entstehenden Zersetzungsprodukten ist es mitunter schwer zu sagen, ob diese direkt von dem Gerbstoff stammen, oder ob sie nachträglich aus Zersetzungsprodukten von Gerbstoffbegleitern gebildet sind. Als Beimengungen der Gerbstoffe treten häufig Chinasäure, Querzetin und Querzit auf, und letzteres zum Beispiel liefert bei der Schmelze Hydrochinon, Chinasäure und Protokatechusäure. Combes hat festgestellt, daß Phlorogluzin durch 25%ige Kalilauge bei 160° in 2—3 Stunden in Kohlensäure, Azeton und Essigsäure gespalten, und daß aus Resorzin Brenzkatechin und Phlorogluzin gebildet wird. Im allgemeinen liefern bei der Kalischmelze die Pyrogallolgerbstoffe Gallussäure, die Pyrokatechingerbstoffe Protokatechusäure neben Phenolen (Resorzin und Phlorogluzin) und aliphatischen Säuren.

Beim Erhitzen von Gerbstoffrotlösungen mit verdünnter Schwefel- oder Salzsäure entstehen aus den einfachen Gerbstoffen Gallussäure oder Ellagsäure oder Phlobaphene. Die Glukosid- und Estergerbstoffe werden bei 100° hydrolysiert. Die Zeit, in der die Glukoside gespalten werden, ist sehr verschieden; mitunter genügen einige Stunden, andere brauchen eine weit längere Zeit. Jedenfalls ist für jeden Gerbstoff eine bestimmte Zeit zur vollständigen Hydrolyse notwendig. Viele Ellagengerbstoffe spalten sehr leicht auch ohne Einwirkung von Säuren Ellagsäure ab. Dasselbe geschieht mit der Chebulinsäure. Man nimmt daher an, daß es sich bei dieser Klasse um eine Glukosidform

Tabelle nach Paessler aus Thoms Handbuch der Pharmazie.

Pflanzenteile	Durchschnittlicher Wassergehalt	Durchschnittl. Gerbstoffgehalt nach		Unterschied im Gerbstoffgehalt zwischen Filter- und Schüttelverfahren	Ungefähre Schwankungen im Gerbstoffgehalt nach		Durchschnittl. Nichtgerbstoffgehalt nach		Durchschnittlicher Gehalt an zuckerartigen Stoffen			Auf 100 Teile Gerbstoff nach dem Filterverfahren entfallen				Auf 100 Teile Gerbstoff nach dem Schüttelverfahren entfallen			
		Filterverfahren	Schüttelverfahren		Filterverfahren	Schüttelverfahren	Filterverfahren	Schüttelverfahren	traubenzuckerartige Stoffe	rohrzuckerartige Stoffe	zuckerartige Stoffe im ganzen	Nichtgerbstoffe	traubenzuckerartige Stoffe	rohrzuckerartige Stoffe	zuckerartige Stoffe im ganzen	Nichtgerbstoffe	traubenzuckerartige Stoffe	rohrzuckerartige Stoffe	zuckerartige Stoffe im ganzen
	in Prozenten											Teile							
Eichenrinde . . .	13,0	10,0	9,0	1,0	6—17	5—16	5,5	6,5	2,6	0,0	2,6	55	26	0	26	72	29	0	29
Fichtenrinde . .	14,5	11,5	9,5	2,0	7—18	5—16	7,0	9,0	3,5	1,5	5,0	61	30	13	43	95	37	16	53
Mimosenrinde . .	14,5	33,0	31,5	1,5	22—48	20,5—46,5	9,0	10,5	1,5	2,5	4,0	27	5	7,5	12,5	33	5	8	13
Mangroverinde östliche	14,5	36,0	34,5	1,5	30—50	28,5—48,5	9,0	10,5	0,5	0,3	0,8	25	1,5	1	2,5	30	1,5	1	2,5
Mangroverinde westliche . . .	14,5	24,0	22,5	1,5	16—30	14,5—28,5	15,0	16,5	2,0	—	—	63	8	—	—	73	9	—	—
Malletrinde . . .	14,5	42,0	38,0	4,0	35—56	31—52	7,0	11,0	1,5	1,0	2,5	17	3	2	5	26	3	3	6
Valonea	14,5	29,0	27,0	2,0	16—38	14—36	12,0	14,0	3,0	0,0	3,0	41	10	0	10	52	11	0	11
Trillo	14,5	40,0	37,0	3,0	34—50	31—47	13,5	16,5	3,0	0,5	3,5	34	7,5	1	8,5	45	8	1	9
Myrobalanen . .	13,0	34,0	30,0	4,0	25—48	21—44	14,0	18,0	5,5	0,6	5,5	41	16	0	16	60	18	0	18
Myrobalanen entkernt . . .	13,0	50,0	45,0	5,0	40—58	35—53	17,5	22,5	8,0	0,0	8,0	35	16	0	16	50	18	0	18
Dividivi	13,5	41,5	36,5	5,0	25—50	20—45	19,5	24,5	8,5	1,5	10,0	47	20	3,5	23,5	67	23	4	27
Algarobilla . . .	12,5	43,0	—	—	35—52	—	21,5	—	8,5	—	—	50	20	—	—	—	—	—	—
Knoppern	16,5	30,0	27,5	2,5	24—40	21,5—37,5	7,5	10,0	0,6	—	—	25	2	—	—	37	2	—	—
Quebrachoholz .	14,5	20,0	19,0	1,0	14—26	13—25	1,5	2,5	0,2	0,1	0,3	8	1	0,5	1,5	13	1	0,5	1,5
Sizil. Sumach . .	12,0	26,0	24,0	2,0	22—35	20—33	14,0	16,0	4,0	0,5	4,5	54	15	2	17	67	17	2,0	19

handelt, und daß die Säure mit der Karbonylgruppe eines Zuckers verbunden ist.

Läßt man Tannase, die man aus Pilzen, namentlich *Aspergillus niger* und *Penicillium glaucum,* nach einem Verfahren von Fernbach (358), darstellen kann, auf Gerbstoff einwirken, so wird die Bindung zwischen Hydroxyl und Karboxyl gelöst. Die Gerbstofflösung darf nicht sehr stark sein, da durch die freiwerdende Gallussäure die Wirkung des Fermentes stark beeinträchtigt wird. Der Verlauf der Einwirkung läßt sich durch Titration der Gallussäure feststellen. Anstatt der Tannase kann man auch die Pilze selbst zur Hydrolyse der Gerbstoffe verwenden. Jedoch muß dann darauf geachtet werden, daß der Pilz in der Gerbstofflösung lebt. Hier gedeiht er zwar langsam, aber man erhält die gewünschten Spaltungsprodukte. Nach einer gewissen Zeit greift er dann zuerst die Glukose und danach die Gallussäure an. Schwimmt der Pilz jedoch auf der Nährlösung, so wird das Tannin, ohne zersetzt zu werden, aufgezehrt.

Die Tannase wirkt nach Freudenberg (333) nur auf »hydrolysierbare« Gerbstoffe, nicht aber auf »kondensierte«.

Unterwirft man Gerbstoff mit Glyzerin der Destillation bei 200—210°, so entstehen Pyrokatechin, Pyrogallol und auch Phlorogluzin. Schüttelt man das Destillat zunächst mit Wasser und fügt dann Äther hinzu, so gehen die drei Stoffe in den Äther über. Man filtriert ab und dampft zur Trockne ein. Nach Prokter (491) kann man nun mit einer 1 %igen Lösung dieses Rückstandes folgende Unterscheidungsreaktionen ausführen:

Reagens	Pyrogallol	Pyrokatechin	Phlorogluzin
Eisenalaun	blauschwarz, dann grün und braun	dunkelgrün	keine Reaktion
Kalkwasser	violette Färbung, die rasch in eine braune übergeht	keine ausgeprägte Reaktion	keine ausgeprägte Reaktion
Fichtenspanreaktion	keine Färbung	keine Färbung	violettrote Färbung
Bromwasser	kein Niederschlag	kein Niederschlag	dicker, weißer Niederschlag

Die Zersetzungsprodukte der Gerbstoffe.

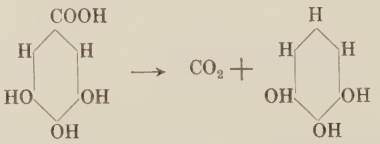
Nach den vorhergegangenen Erörterungen kommen hier besonders in Betracht: Gallussäure, Ellagsäure, Protokatechusäure, Pyrogallol, Phlorogluzin, Brenzkatechin und Resorzin.

Die Gallussäure, von Scheele 1786 entdeckt, als er einen Auszug von Galläpfeln offen stehen ließ, so daß die auf dem Extrakt sich ansiedelnden Schimmelpilze das Tannin zersetzen konnten, ist eine Trioxybenzoesäure und findet sich hauptsächlich in Sumach, Algarobilla, Dividivi, Myrobalanen, im Tee, in den Blättern von *Arctostaphylos uva ursi* (Ericaceae), in der Rinde von *Hamamelis virginea* (Hamamelidaceae), im *Quebracho colorado* (Anacardiaceae), in *Coriaria thymifolia* (Coriariaceae) und vielen anderen mehr.

Synthetisch läßt sich die Gallussäure darstellen durch Schmelzen von Dijodsalizylsäure (359) oder Dijod-p-Oxybenzoesäure (360) oder Bromprotokatechusäure (361) oder Brom-3,5-Dioxybenzoesäure mit Kali. Bezüglich weiterer synthetischer Darstellungsweisen sei auf die Spezialliteratur verwiesen.

Technisch gewinnt man die Gallussäure meist aus Galläpfelauszügen, durch Impfen mit Schimmelpilzen oder Zusatz von Tannase, vielfach auch durch Hydrolyse mittels verdünnter Säuren (362).

Die Gallussäure bildet farblose, seidenglänzende, geruchlose Nadeln, die in Wasser, Alkohol und Äther löslich sind. Beim Erhitzen auf 120° verliert sie ihr Kristallwasser und schmilzt bei 232 bis 240° unter Zersetzung, indem sich Pyrogallol und Kohlendioxyd bildet:



Gallussäure gibt keine Niederschläge mit Alkaloiden und Eiweiß. Durch Bleiazetat, Brechweinstein und Ammonium-

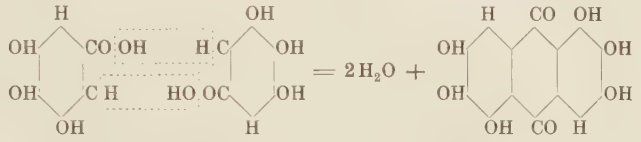
chlorid entstehen Fällungen. Weiße Niederschläge werden ferner durch Ammoniak, Kalk- und Barytwasser erzeugt.

Salpetrige Säure färbt Gallussäure gelb, Ammoniumpikrat rot, später grün, Kaliumplumbit rot. Schüttelt man Gallussäurelösung mit Zyankalium, so entsteht ebenfalls eine Rotfärbung. Alkalische Natriumarseniatlösung verursacht eine grüne Färbung. Dieselbe Reaktion läßt sich auch durch Zusatz von Natriumkarbonatlösung bei Gegenwart von Luft erzielen. Bei längerem Stehen wird die Färbung intensiver unter Abscheidung dunkler Flocken. Es bildet sich durch die Oxydation der Luft Galloflavin, ein Farbstoff, der vielleicht den Xanthonen nahe steht (363).

Durch Eisenchlorid entsteht eine tiefblaue Färbung, die durch Kochen verschwindet. Durch Ferrosalze werden nur in konzentrierten Gallussäurelösungen weiße Niederschläge erzeugt.

Gallussäure ist ein starkes Reduktionsmittel. Gold- und Silbersalze werden in der Hitze reduziert, ebenso angesäuerte Kaliumpermanganatlösung. Durch Reduktion der Gallussäure mit Zinkstaub in ammoniakalischer Lösung entsteht Benzoesäure.

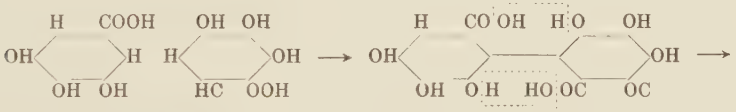
Durch Erhitzen mit Schwefelsäure bildet sich Rufigallussäure (364).



2 Mol Gallussäure

(Hexaoxyanthrachinon)
Rufigallussäure

Durch Arsensäure, Kaliumpersulfat und Schwefelsäure und Jod wird Gallussäure zu Ellagsäure oxydiert.



2 Mol Gallussäure

Hexaoxybiphenyldikarbonsäure

Ellagsäure

Die Derivate der Gerbsäure seien hier nicht weiter angeführt. Über die Digallussäure siehe unter Tannin.

Die Ellagsäure ist von Chevreul und Braconnot (365) entdeckt worden und findet sich als ständiger Begleiter vieler Pyrogallolgerbstoffe. Ob die Ellagsäure frei in der Natur vorkommt, sei dahingestellt, namentlich wenn man bedenkt, daß viele Gerbstoffe sehr leicht Ellagsäure bei der Analyse liefern. Strohmer glaubt Ellagsäure in der Rinde von *Abies excelsa* (Pinaceae) gefunden zu haben (366). Ellagsäure liefern ferner: Dividivi, Myrobalanen, Algarobilla, Eichenrinde, Granatwurzelrinde und viele andere Pflanzenteile.

Diese Säure läßt sich durch Oxydation von Gallussäure mit Arsensäure oder Silberoxyd darstellen. Perkin und Nierenstein (367) lösten 10 g Gallussäure in 100 ccm siedender Essigsäure unter Zusatz von 5 ccm Schwefelsäure. Auf Zusatz von Kaliumpersulfat entsteht bei genauer Befolgung der Vorschrift Ellagsäure. Bei Zugabe von mehr konzentrierter Schwefelsäure bildet sich die Flavellagsäure, die aus Pyridin in hellgelben Nadeln kristallisiert.

Herzig und Bronneck (334) lösten zur Darstellung der Gallussäure Gallussäureäthylester in Ammoniak und Wasser und leiteten mehrere Tage Luft durch die Lösung.

Auch beim Erhitzen der Gerbstofflösung in zugeschmolzenen Röhren auf 110° nach Loewe (334) oder beim Eindampfen eines Dividiviauszuges nach Barth und Goldschmidt (334) und schließlich auch durch wiederholtes Kochen (368) wässriger Gerbstofflösungen entsteht Ellagsäure.

Sisley (369) hat die Ellagsäure so dargestellt, daß er 170 g Tannin in $2^1/_2$ Liter 40%igem Alkohol löste und 150 ccm Kalilauge von 30° Bé hinzugab. Bei fünftägigem Stehen dieser Lösung in flachen Schalen an der Luft kristallisiert ellagsaures Kali aus.

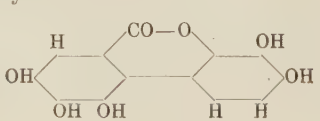
Die Ellagsäure $C_{14}H_6O_8 \cdot 2\,H_2O$ stellt ein gelbes, mikrokristallinisches Pulver dar, das bei 120° sein Kristallwasser verliert und bei 360° ohne zu schmelzen unter teilweiser Zersetzung sublimiert. Sie ist sehr schwer löslich in Wasser, Alkohol und Äther, dagegen leicht löslich in Kalilauge und Pyridin. Beim Umkristallisieren aus Pyridin bildet sich ein Doppelsalz, das durch längeres Erwärmen unter Entweichen des Pyridins reine Ellagsäure liefert.

Die Lösung in Kalilauge ist tief gelb, nimmt an der Luft eine rötlichere Färbung an und scheidet nach Merklin und Wöhler (370) schwarze Kristalle von glaukomelansaurem Kalium $K_2C_{12}H_4O_7$ aus.

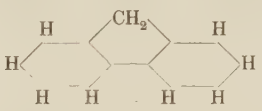
Übergießt man trockene Ellagsäure mit starker Salpetersäure und verdünnt dann mit Wasser, so tritt eine rote Färbung auf. Nach Dekker (334) soll diese Reaktion nicht durch die Ellagsäure, sondern durch eine Verunreinigung hervorgerufen werden. Durch Eisenchlorid entsteht sofort eine grünliche, später dunkelgrüne und endlich eine ins Blauschwarze übergehende tintenähnliche Flüssigkeit.

Die langumstrittene Konstitutionsformel von Graebe (371), wie sie auf Seite 821 angegeben ist, hat sich bisher behauptet und ist von Herzig und Pollak (372) bewiesen worden.

Durch Reduktion mit Natriumamalgam bildet sich das in seidenglänzenden Nadeln auskristallisierende Pentaoxybiphenylmethylolid:



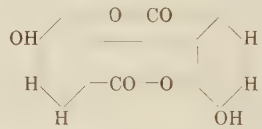
Durch Reduktion mit Zinkstaub entsteht Fluoren, Diphenyl und Dibiphenylenäthan. Das Fluoren ist ein Diphenylenmethan und hat folgende Struktur:



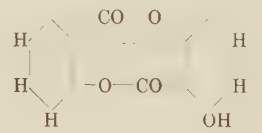
Mit Phenylhydrazin liefert Ellagsäure gelbe mikroskopische Nädelchen $C_{14}H_6O_8 \cdot N_2H_3C_6H_5$, die sich beim Kochen mit Alkohol zersetzen und die sich in Essigsäure zuerst lösen. Aus der Lösung scheidet sich Ellagsäure ab.

Auch von der Ellagsäure sind eine ganze Reihe von Methyl- und Azethylderivaten bekannt. Ferner hat man synthetisch hydroxylärmere und hydroxylreichere Ellagsäuren dargestellt (372 und 373).

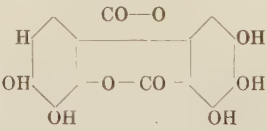
Die Catellagsäure $C_{14}H_6O_6$,



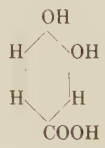
die Metellagsäure $C_{14}H_6O_5$



und schließlich die vorher erwähnte Flavellagsäure: $C_{14}H_6O_9$



Die Protokatechusäure, eine 3,4-Dioxybenzoesäure



von Drecker (334) entdeckt, findet sich in den Früchten von *Illicium religiosum* und *auriatum* (Magnoliaceae) (374), in vielen Blättern und Blüten und nach Czapek (375) auch unter den Abbauprodukten des Holzes.

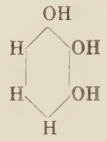
Die Säure entsteht bei der Kalischmelze vieler Harze und Gummiharze, z. B. Benzoeharz, Guajakharz, Drachenblut, Myrrhen, Asa foetida usw. Allgemein stellt man die Protokatechusäure so dar, daß man ostindisches Kino mit Ätznatron schmilzt. Nach dem Lösen mit heißem Wasser säuert man mit Schwefelsäure an und filtriert. Durch Ausschütteln mit Äther und Umkristallisieren aus wässrigen Lösungen wird es gereinigt.

Synthetisch gewinnt man die Säure durch Erhitzen von Brenzkatechin mit Ammoniumkarbonat (376), durch Einwirkung von Kaliumpersulfat auf p-Oxybenzoesäure in alkalischer Lösung (377). Die Kalischmelzen der Sulfo-m-oxybenzoesäure, der Sulfo-p-oxybenzoesäure, der o- und p-Kresolsulfosäure und vieler anderer ähnlicher Verbindungen liefern Protokatechusäure (378).

Die Säure kristallisiert in monoklinen Nadeln mit einem Mol. H_2O, die zwischen 194—195° liegen. Das Kristallwasser entweicht bei 105°. Sie ist leicht in Wasser, Äther und Alkohol löslich, unlöslich in Benzol, reduziert ammoniakalische Silberlösung, nicht aber alkalische Kupfertartratlösung. Mit Eisenchlorid gibt die Protokatechusäure eine Grünfärbung, die beim Zufügen einer verdünnten Sodalösung in Blau und schließlich in Rot übergeht. Durch Bleiazetat entsteht ein Niederschlag, der in Essigsäure löslich ist.

Bei der trocknen Destillation tritt eine Spaltung in Brenzkatechin und Kohlensäure ein. Beim Erhitzen mit fester Arsensäure entsteht Katellagsäure, durch elektrolytische Oxydation in 60 % H_2SO_4 bildet sich Flavellagsäure und Katellagsäure.

Pyrogallol:



Eine ganze Reihe von Forschern hat sich mit dem Pyrogallol, seiner Darstellung und Struktur, sowie der seiner Derivate befaßt. Schon vor Braconnot (379) hatten wohl Kunzemüller und später Dejeux die Substanz erhalten, aber nicht als Pyrogallol erkannt.

In geringen Mengen entsteht Pyrogallol bei der trockenen Destillation vieler Gerbstoffe. Für das Pyrogallol gibt es zahlreiche Darstellungsweisen. Erhitzt man Gallussäure, so wird CO_2 abgespalten, und es verbleibt Pyrogallol. Stenhouse stellte das Pyrogallol aus wässrigen Galläpfelextrakten dar (380).

Erhitzt man Gallussäure mit Anilin (381), so entsteht unter Gasentwicklung ein Produkt der Zusammensetzung

$$C_6H_6O \cdot 2\,C_6H_5NH_2.$$

Behandelt man dieses mit Benzol, so wird die Doppelverbindung gespalten und Pyrogallol bleibt rein zurück.

Beim Erhitzen von 2,6-Dichlorphenol-4-Sulfosäure mit 40 % KOH auf 150 bis 160° entsteht Pyrogallol-5-Sulfosäure, die beim Kochen mit wenig Schwefelsäure (bei 200°) Pyrogallol ergibt.

Auch beim Erhitzen von α- oder β-Chlorphenolsulfosäure mit Ätzkali entsteht Pyrogallol.

Pyrogallol stellt leicht in Wasser, Alkohol und Äther lösliche Blättchen und Nadeln dar, deren Schmelzpunkt bei 132,5 bis 133,5° liegt. Azeton, Essigäther und Glyzerin lösen sie leicht, dagegen sind sie in Petroläther und Chloroform unlöslich. Die alkalische Lösung absorbiert rasch Sauerstoff (1 Mol. Pyrogallol + 3 Atome Sauerstoff) und findet bei der Gasanalyse Verwendung. Hierbei entsteht jedoch nicht quantitativ CO_2, sondern auch unter gewissen Bedingungen CO, namentlich wenn Kalilauge in zu großem Überschuß vorhanden ist.

Oxydiert man Pyrogallol mittels Chromsäure, Kaliumpermanganat, Silbernitrat oder auch freiem Sauerstoff, so entsteht Purpurogallin; durch Einwirkung von Arsensäure entsteht Dipyrogallusarsensäure:

$$(OH)_2C_6H_3O—As(OH)O—OC_6H_3(OH)_2.$$

Reduzierend wirkt Pyrogallol auf Fehlingsche Lösung, Silber-Quecksilberoxydul-, Platin-, Kaliumpermanganat- und Goldsalzlösungen ein.

Eisenoxydulsalzlösungen geben mit Pyrogallol einen weißen Niederschlag, der aber bei Anwesenheit nur geringer Spuren von Eisenoxydsalz mit blauer Farbe gelöst wird, die bald in Braunrot übergeht. Bei Zusatz von Mineralsäuren geht

diese Farbe in Rot über, um bei der Neutralisation in Blau umzuschlagen. Ein Überschuß von Ammoniak bewirkt eine amethystrote Färbung. Jodlösung bewirkt in alkoholischer oder wässriger Pyrogallollösung eine purpurrote Färbung (390). Löst man Pyrogallol in Alkohol und versetzt mit Ammoniak, so färbt sich die Lösung schwarzbraun, um beim Zusatz einer alkoholischen Jodlösung bis zur Sättigung in Schwarz überzugehen.

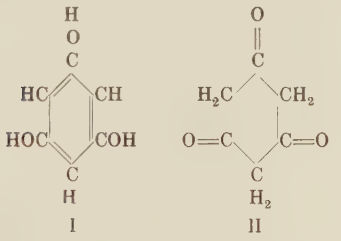
Salpetrige Säure, selbst in Spuren, bräunt Pyrogallollösung. Durch Vanillin und Salzsäure entsteht eine Rotfärbung, beim Behandeln mit Kalkwasser eine Purpurrotfärbung, die bald in Braun umschlägt. Erhitzt man Pyrogallol mit Weinsäurelösung, so färbt sich die Mischung intensiv violett.

Durch Bleiazetat entsteht eine weiße Fällung der Zusammensetzung

$$C_6H_3(OH)_2[OPb(OH)].$$

Pyrogallol fällt Gelatine nicht.

Ein Isomeres des Pyrogallols ist das Phlorogluzin, das in zwei tautomeren Formen auftritt.

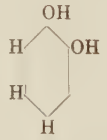


I II

Das Phlorogluzin ist ein Bestandteil vieler natürlicher Glykoside, z. B. Hesperidin, Phloridzin, der Farnsäuren usw. Es bildet sich bei der Kalischmelze des Querzetins, Maklurins, Katechins und Kinos (weitere Darstellungsarten siehe Abderhalden, Bioch. Handlexikon) und verschiedener anderer Harze. Am besten stellt man es durch Erhitzen von symmetrischem Triamidobenzol mit Säuren dar.

Phlorogluzin kristallisiert mit 2 Mol. Wasser in großen rhombischen Tafeln, die bei 100° das Kristallwasser verlieren und bei 217—219° schmelzen. Es ist wasserlöslich, ebenso löslich in Alkohol und Äther. Auch Phlorogluzin absorbiert in alkalischer Lösung Sauerstoff. Fehlingsche Lösung wird nicht reduziert, ebenso wird Gelatine durch Phlorogluzinlösung nicht gefällt. Durch Bleiessig entsteht eine weiße Fällung. Eine weißliche Trübung tritt ebenfalls beim Erwärmen mit Formaldehyd und Salzsäure auf. Eisenchlorid ruft eine blauviolette Färbung hervor. Mit Bromwasser gibt Phlorogluzin ebenfalls einen Niederschlag. Versetzt man eine Lösung mit Ammoniak und darauf mit Natriumhypobromitlösung, so entsteht eine tiefviolette Färbung. Der durch Anilinnitrat und Kaliumnitrit erhaltene zinnoberrote Niederschlag bildet sich auch bei anderen Phenolen und ist daher keine charakteristische Phlorogluzinreaktion. Nach Formel II ist das Phlorogluzin ein Abkömmling des Zyklohexans, in dem drei Methylengruppen (CH_2) durch Karbonylgruppen (CO) ersetzt sind. Das Phlorogluzin kann nun entweder als Keton reagieren oder als Phenol. Es bildet z. B. mit 3 Mol. Hydroxylamin ein Trioxim, mit Azetylchlorid ein Triazetat. Über die Frage, ob das freie Phlorogluzin die Keto- (II) oder die Enolform (I) besitzt, hat Hartley gearbeitet, und durch das Studium der »Absorptionsspektren im Ultraviolett« wichtige Aufschlüsse über die Struktur geben können.

Das in der Natur sich vielfach findende Brenzkatechin ist ein 1,2-Dioxybenzol



und bildet sich bei der trocknen Destillation des Katechins, vieler dem Katechin nahestehender Körper, der eisengrünenden Gerbstoffe, ebenfalls bei der trocknen Destillation des Holzes, der Kalischmelze von Myrrha, Guajakharz und anderer Harze. Es findet sich in Torf-, Braunkohlen- und Steinkohlenteer, der Monomethyläther im Buchenholzteer.

Durch Oxydation von Oxybenzaldehyd mittels Wasserstoffsuperoxyd in alkalischer Lösung ist Brenzkatechin von Dakin (391) dargestellt worden. Schmilzt man o-Phenolsulfonsäure oder o- oder m-Bromphenol mit Kaliumhydroxyd, so entsteht ebenfalls Brenzkatechin neben Resorzin und Phlorogluzin. Läßt man auf Guajakol, den Monomethyläther des Brenzkatechins, $AlCl_3$ (392) einwirken,

oder kocht ersteres längere Zeit mit Jodwasserstoffsäure (393), so resultiert ebenfalls Brenzkatechin.

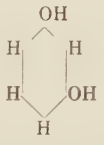
Brenzkatechin kristallisiert in prismatischen Nadeln oder monoklinen Prismen oder in größeren Blättchen, je nachdem es aus Wasser, Äther oder Benzol umkristallisiert ist. Der Schmelzpunkt liegt bei 104—105°. Brenzkatechin ist in Wasser, Äther, Alkohol und Benzol löslich.

Gelatine wird nicht gefällt, durch Bleiazetat entsteht ein weißer Niederschlag. Im Gegensatz zu Resorzin wird Brenzkatechin durch eine ammoniakalische Kalziumchloridlösung gefällt. Durch Ferrosalze tritt keine Reaktion auf, Ferrichlorid dagegen verursacht eine smaragd- bis dunkelgrüne Färbung, die durch Kalium- oder Natriumkarbonatlösung in Rotviolett umschlägt. Aus diesem roten Niederschlag konnten Weinland und Binder (394) das Kaliumsalz der Brenzkatechinferrisäure $Fe(C_6H_4O_2)_3K_3 \cdot 2\,H_2O$ absondern. Ähnliche Komplexsalze bildet das Brenzkatechin mit Kupfer-, Kobalt-, Nickel-, Mangan- und Aluminiumsalzen. Auch durch Zusatz von Natriumazetat findet ein Farbenwechsel statt.

Versetzt man eine Lösung von Pyrokatechin mit Zitronensäure, so entsteht eine Rotfärbung.

Es reduziert Gold-, Silbersalz- und Fehlingsche Lösung. Oxydiert man Brenzkatechin mit Silberoxyd, so entsteht o-Benzochinon.

Das Resorzin, ein m-Dioxybenzol, entsteht bei der Kalischmelze verschiedener Harze, z. B. des Ammoniakum-, des Galbanumharzes, von Asa foetida usw. Es



ist und wurde dargestellt durch die Kalischmelze von p- und m-Benzoldisulfonsäure, bei 235—270°, und von o-, m- und p-Bromphenol. Bei letzterer Reaktion entstehen gleichzeitig Phlorogluzin und Brenzkatechin.

Das Resorzin kristallisiert aus Wasser, Alkohol und Äther in rhombischen Säulen, aus Benzol in Nadeln und ist in den erwähnten Lösungsmitteln leicht löslich, unlöslich dagegen ist es in Chloroform und Schwefelkohlenstoff.

Bleiazetat ruft in Resorzinlösungen keinen Niederschlag hervor. Durch Bromwasser entsteht ein Niederschlag von Tribromresorzin.

Versetzt man eine Resorzinlösung mit Ammoniak und dann mit NaOBr-Lösung, so entsteht eine grüne Färbung. Bei Einwirkung von kalter Salpetersäure geht das Resorzin in ein Trinitroderivat über, die Styphininsäure. Gibt man zu einer ätherischen Resorzinlösung wenige Tropfen einer salpetrige Säure enthaltenden Salpetersäure und löst die nach 24 Stunden abgeschiedenen braunen Kristalle von Resazoin in Ammoniak, so nimmt die Lösung eine blauviolette Farbe an. Ein sehr empfindliches Reagens ist Formaldehyd, das Resorzin noch in einer Verdünnung von 1 : 100 000 durch eine weiße Trübung anzeigt, die durch Salzsäure rosarot wird (395) (siehe Tabelle S. 826 u. 827).

Die Einteilung der Gerbstoffe soll in folgendem nach den beiden Hauptgruppen: Pyrogallol- und Pyrokatechingerbstoffe geschehen. Unter die Abteilung der Pyrogallolgerbstoffe sollen auch die Gerbstoffe der Tanninklasse und der Ellagsäureklasse gerechnet werden, die in vielen Werken besonders behandelt worden sind. Da auf die eigentliche Chemie in der späteren Beschreibung der Gerbstoffrohstoffe eingegangen ist, werden hier nur die wichtigsten kurz angeführt. Eine Ausnahme soll das Tannin machen, auf das seiner Wichtigkeit wegen näher eingegangen werden muß.

Tannin liefern die verschiedenen Gallen, die durch Stiche von Insekten auf verschiedenen Pflanzen gebildet werden. Wenn auch die Gallen für Gerbzwecke keine Verwendung gefunden haben, so bedient man sich ihrer zur Gewinnung des Tannins und der Tinten. (Vgl. den nachfolgenden Abschnitt »Gallen«.)

Zur Gewinnung des Tannins werden die Gallen in besonderen Maschinen zerkleinert und das zerkleinerte Material in sogenannten Diffusionsbatterien ausgelaugt. Die erhaltene Tanninlösung, die »Originallauge«, wird im Vakuum bis auf 32° Bé eingedampft, dann mit Natriumhydrosulfit entfärbt und schließlich zur Trockne ein-

Reaktionen des Pyrogallols, Phloro-

	Reaktion mit Ferrisalzen	Reaktion mit Ferrosalz	Reaktion mit Kalkwasser	Reaktion mit $Na_2O_2 + 8\,H_2O$ in alkoholischer Lösung
Pyrogallol	blaue Färbung, die bald in braunrot übergeht	weiße Trübung	violette Färbung, die rasch in eine braune übergeht	rötlichbraune Färbung, die auf Zusatz von Wasser intensiv rot wird
Phlorogluzin. . . .	keine Reaktion	—	keine ausgeprägte Reaktion	blauviolette Färbung, die beim Verdünnen mit Wasser violett wird und allmählich verschwindet
Brenzkatechin . . .	smaragdgrüne Färbung, auf Zusatz von Sodalösung violettrot	keine Reaktion	keine ausgeprägte Reaktion	hellfleischfarbige Färbung, die in grün und schließlich in braun übergeht
Resorzin	dunkelviol. Färbung	—	—	—
Hydrochinon . . .	—	—	—	intensiv rötlichgelbe Färbung, die mit H_2O verdünnt orange wird

gedampft. Dieses »Wassertannin« ist meist durch Dextrin oder Glukose verunreinigt. Der Gehalt an diesen Surrogaten schwankt zwischen 10—80 %.

Zur Gewinnung des »Alkoholtannins« wird die Originallauge in Kupfergefäßen auf —3° abgekühlt. Sich selbst überlassen, scheidet sich die Flüssigkeit in eine hellere obere und eine dunklere untere Schicht, welch letztere zur Darstellung von Wassertannin verwandt wird.

Nachdem man die hellere Schicht abgehebert hat, wird sie in besonderen Apparaten bis 32° Bé eingedampft, ebenfalls mit Natriumhydrosulfit entfärbt und zwei Stunden in Schüttelapparaten mit einer alkoholischen Ätherlösung (20—30 Teile Alkohol und 70—80 Teile Äther) geschüttelt. Danach läßt man absetzen. Es bilden sich wieder zwei Schichten, von denen die obere Äther-Alkoholschicht abgehebert und in Kupferblasen eingedampft wird. Den entweichenden Äther-Alkohol ersetzt man durch destilliertes Wasser und erhält dadurch eine Lösung von 30° Bé.

Diese Lösung wird im Vakuum zur Trockne eingedampft, die Tanninstücke werden zerstampft und bei 50° getrocknet. Sie werden schließlich auf Kollergängen gepulvert, und das Pulver wird durch feine Siebe getrieben.

Man kann das Tannin auch so darstellen, daß man die Auszüge durch Basen wie Magnesiumkarbonat, -oxyd oder -hydroxyd, Kalzium-, Barium-, Strontiumoxyd, -hydroxyd oder -karbonat fällt, die Verunreinigungen mit Wasser auslaugt und dann die Tanninverbindungen mit Säuren wieder zerlegt (Patent 350 377 der Byk-Guldenwerke Berlin). Andere Reinigungsverfahren sind die Behandlung mit Azeton (338), das Fällen mit Chloroform aus Essigester-Äther-Gemisch (339) und mit Petroläther aus Amylalkohol-Äther-Lösung (8).

Außer dem gepulverten Tannin gibt es noch Tannin in Nadeln und Schuppen. Das Nadeltannin entsteht dadurch, daß man die Tanninmasse durch Düsen preßt und die entstehenden Fäden zerkleinert. Das Schuppentannin entsteht durch Trocknen der Tanninmasse auf rotierenden, innen geheizten Trommeln.

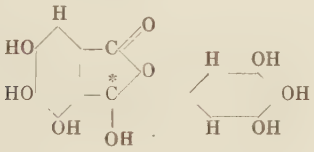
Das Tannin stellt ein weißliches amorphes Pulver von adstringierendem Geschmack dar. Es ist in Wasser leicht löslich, bei 17° werden von 100 Teilen Wasser 256 Teile Tannin gelöst, in der Hitze 300 Teile. In Alkohol ist Tannin ebenfalls gut löslich, ebenso in Glyzerin und Essigester. Fast unlöslich ist Tannin in reinem Äther, Benzol, Petroleumäther, Ligroin, Chloroform und Schwefelkohlenstoff.

Tannin ist optisch aktiv (341) und dreht rechts $[\alpha]_D = +65{,}8—76{,}5°$ in Wasser, $[\alpha]_D = 22°$ in Alkohol und $[\alpha]_D = 19{,}4°$ in Essigsäure. Worauf diese Aktivität zurückzuführen ist, darüber gehen die

gluzins, Brenzkatechins, Resorzins usw.

Reaktion mit		Reaktion mit 1 Tropfen NH_3 und NaOBr-Lösung	Reaktion mit		Reaktion mit Bromwasser
$CaCl_2 + NH_3$	Gelatine		Bleiessig	Bleiazetat	
—	keine Fällung	—	—	Fällung	keine Fällung
—	—	tiefviolette Färbung	Fällung	—	weiße Fällung
Fällung	keine Fällung	dunkelbraune Färbung	—	Fällung	keine Fällung
keine Fällung	—	grün	—	keine Fällung	Fällung
keine Fällung	—	braunrot	—	keine Fällung	—

Meinungen weit auseinander. Dekker (342) glaubte, daß die Drehung durch ein asymmetrisches Kohlenstoffatom bedingt würde und gibt dies durch folgende Formel zum Ausdruck.



Diese Ansicht über die Struktur des Tannins suchte Nierenstein (484) in einer Reihe von Arbeiten zu widerlegen, und damit auch die Abhängigkeit der optischen Aktivität von dieser Konstitution. K. Feist (485) wies schließlich darauf hin, daß die zum Tanninmolekül gehörige Glukose die Ursache der optischen Aktivität sei.

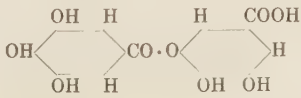
Die wässrige Lösung des Tannins wird durch verdünnte Schwefel-, Salz- oder Phosphorsäure und durch eine Reihe von Salzen z. B. Kalium-, Natriumazetat, -chlorid und ähnliche gefällt. Durch Tannin werden gefällt: Kupfer-, Blei-, Quecksilber-, Antimon- und Wismutsalze, auf Silber-, Gold- und alkalische Silberlösung wirkt Tannin reduzierend. Durch eisenoxydsalzfreie Ferroverbindungen entsteht ein gallertiger Niederschlag, der sich an der Luft schnell blau färbt. Ferriverbindungen geben sofort eine blauschwarze Fällung. Schließlich wird auch Gelatine durch Tannin infolge Bildung von Leimtannaten gefällt. Diese, wie auch alle übrigen Niederschläge sind von wechselnder Zusammensetzung, vielfach sind es Adsorptionsverbindungen. Eine alkalisch gemachte Tanninlösung gibt nach dem Schütteln mit Jodlösung eine karmoisinrote Färbung.

Erhitzt man Tannin, so zerfällt es in CO_2 und Pyrogallol. Auch bei der Destillation, die man nach Prokter-Paessler (347) so ausführt, daß man 1 g Gerbstoff, unter Zusatz von etwa 5 g Glyzerin (335), auf 160° erhitzt, dann langsam auf 200—210° steigert und 20 bis 30 Minuten auf dieser Temperaturhöhe hält, bildet sich Pyrogallol.

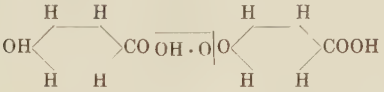
Es würde zu weit führen, sämtliche Anschauungen über die Konstitution des Tannins hier wiederzugeben, wenn sie auch historisches Interesse bieten dürften. Durch die Untersuchungen Emil Fischers ist die Konstitution des Tannins geklärt worden, und zwar ist das aus den chinesischen Gallen gewonnene Tannin in seiner Hauptmenge eine Penta-(m-digalloyl)-β-glukose:

$$[(OH)_3C_6H_5 \cdot CO \cdot O(OH)_2 \cdot CO]_5C_6H_7O_6.$$

Die Glukose ist also mit fünf Digallussäuremolekülen verestert, und zwar liegt die m-Digallussäure vor.

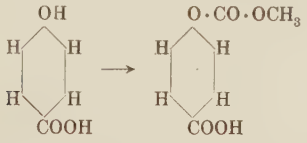


Der Weg zur Erkennung des Tannins führte über die Depside, eine Körperklasse, die durch esterartige Verknüpfung mehrerer Phenolkarbonsäuren entsteht, wie dies nachstehende Formel veranschaulichen mag:

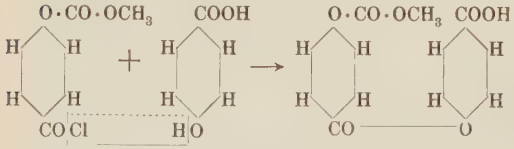


Diese Depside kann man nicht als eigentliche Gerbstoffe ansehen.

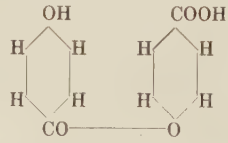
Zur Darstellung dieser Depside läßt man auf die Phenolkarbonsäuren n-Natronlauge einwirken, und zwar in einer dem Hydroxyl entsprechenden Menge. Darauf setzt man Chlorkohlensäuremethylester in berechneter Menge hinzu und schüttelt solange, bis der ölige Ester verschwunden ist. Beim Ansäuern scheidet sich die Karbomethoxyverbindung kristallinisch ab. Die Reaktion läßt sich an der p-Oxybenzoesäure wie folgt darstellen:



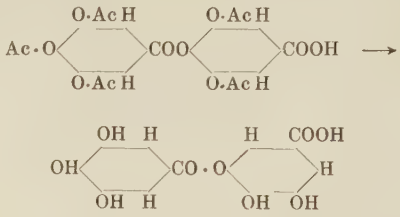
Läßt man auf die entstandene Karbomethoxybenzoesäure Phosphorpentachlorid einwirken und erhitzt das entstandene Säurechlorid mit Oxybenzoesäure, so tritt die esterartige Kuppelung ein:



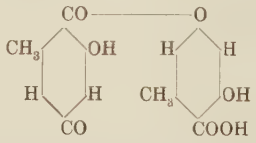
Nach der Abspaltung der Karbomethoxygruppe erhält man dann das Depsid:



E. Fischer (486) hat dann in seinen späteren Arbeiten verbessernd anstatt der Karbomethoxygruppen Azetylgruppen eingeführt. Es entstanden dadurch gut kristallisierende Körper, die sehr interessante Umlagerungserscheinungen zeigten. So wurde aus dem p-Depsid beim Entfernen der Azetylschutzgruppe ein m-Depsid:



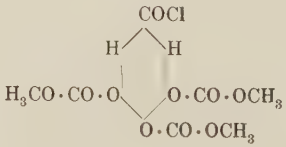
Die Depside finden sich natürlich nur in Flechten (486) und das bekannteste Depsid ist die Lekanorsäure, eine p-Diorsellinsäure, die, mit Erythrit verestert, das Erythrin bildet:



Eine Monomethylekanorsäure ist die Evensäure (487). (Vgl. Abschnitt »Farbstoffe«.)

Bei Gegenwart mehrerer Hydroxylgruppen kann nun die esterartige Kuppelung an verschiedenen Stellen geschehen, in der Ortho-, Meta- und Parastellung. Für die Darstellung des Tannins ist, wie schon oben erwähnt, die Meta-Digallussäure von Wichtigkeit, deren Synthese Fischer zusammen mit Freudenberg völlig gelang (488).

Nachdem Fischer hatte feststellen können, daß Tannin im Durchschnitt 11 % Glukose und 98 % Gallussäure liefert, also annähernd der Zusammensetzung einer Pentadigalloxylglukose, die ja bei der Hydrolyse 10,6 % Zucker und 100 % Gallussäure ergeben mußte entspricht, schritt er dazu, ganz besonders weil die Digallussäure nicht zu isolieren war, die Gallussäure mit Glukose zu verestern. Zu diesem Zweck wurden wieder, wie bei der Darstellung der Depside, als Schutzgruppen Karbomethoxygruppen eingeführt, und nach der Chlorierung erhielt Fischer ein Trikarbomethoxygallolchlorid.

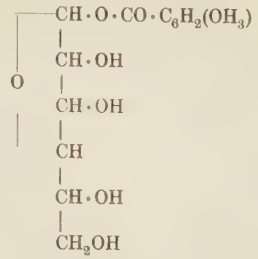


Wurden nun 1 Mol. Glukose mit $5^1/_4$ Mol. dieses Chlorids längere Zeit geschüttelt und die entstandene Lösung mit Methylalkohol behandelt, so fiel eine amorphe Substanz aus, die, vorsichtig mit Alkali verseift, einen dem Tannin ähnelnden Stoff darstellte. Dieser zeigte denselben adstringierenden Geschmack, gab die Eisenchloridreaktion und fällte Leimlösung.

Dasselbe Experiment konnte nun mit der synthetisch erhaltenen Digallussäure wiederholt werden; allerdings mißlangen die ersten Versuche nach der Einführung der Karbomethoxygruppen. Als man aber Azetylgruppen als Schutzgruppen verwandte, gelang es dann nach der Kuppelung mit α- und β-Glukose und Entfernung der Azetylgruppen durch starke Salzsäure in methylalkoholischer Lösung Penta-digalloylglukosen darzustellen. Das β-Glukosederivat war dem Tannin der chinesischen Gallen am ähnlichsten und zeigte bezüglich seiner Reaktionen völlige Übereinstimmung. Löslichkeit und Fällungsreaktionen in organischen Lösungsmitteln waren die gleichen, die Methylierung mit Diazomethan lieferte kaum zu unterscheidende Körper. Die einzigen Unterschiede zwischen synthetischem und natürlichem Tannin waren die Löslichkeit in Wasser und das optische Verhalten der wässrigen Lösungen. Bedenkt man aber, daß es sich beim Tannin nicht um einheitliche Stoffe handelt und ferner, daß Stereoisomere vorhanden sind, so sind auch die letzten Zweifel beseitigt.

Weitere Arbeiten Karrers (489), der im Tannin eine Mischung zahlreicher galloylierter Glukosen sieht, und Herzigs (490), der durch Methylieren des Tannins neben Methylotannin auch den Methylester der Pentamethyl-m-digallussäure, also den wichtigsten Baustein aus dem Tannin isolieren konnte, haben die Richtigkeit der Fischerschen Tanninsynthese erwiesen.

Das Glukogallin, das neben dem Tetrarin einen Bestandteil der Rhabarbergerbsäure darstellt, ist nahe mit dem Tannin verwandt. Nach den Untersuchungen von Fischer und Bergmann (378) handelt es sich hierbei um eine 1-Galloyl-β-glukose folgender Struktur



die aus Azetobromglukose synthetisch dargestellt werden konnte.

Vom Glukogallin ist das es begleitende Tetrarin unterschieden durch die Zimtsäure, die neben Glukose, Gallussäure und Rheosmin bei der Hydrolyse entsteht. Das Rheosmin gibt die Reaktionen sowohl eines Phenols als auch eines Aldehyds und scheint ein Oxycuminaldehyd zu sein (333).

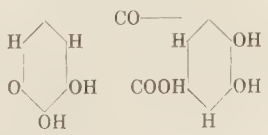
Myrobalanengerbstoffe.

Die Myrobalanen, von *Terminalia chebula* (Combretaceae) stammend, enthalten 16—32 % Gerbstoffe und 25—34 % Nichtgerbstoffe. Auch dieser Farbstoff ist ein Gemisch von Ellagengerbstoff, der von Prokter für kolloid gelöste Ellagsäure gehalten wird (88) und Chebulinsäure. Früher glaubte man an eine Identität mit dem Gerbstoff der Dividivischoten [Günther (404)] oder auch mit dem von Algarobilla [Zöffel (405)].

Nierenstein (387) konnte Ellagsäure isolieren, ferner Gallussäure und auch in dem wässrigen Extrakt, aus dem durch Ausschütteln mit Äther und Essigäther Gallussäure entfernt war, Tannin nachweisen. In späteren Untersuchungen fand er in den Myrobalanen die Luteosäure (406) und einen Gerbstoff (407), der durch Gelatine gefällt und durch Hautpulver gänzlich gebunden wurde. Für letzteren konnte er die Formel

$$C_{26}H_{28}O_{19} \cdot 3\,H_2O$$

feststellen. Kochte man diesen Gerbstoff mit verdünnter Schwefelsäure, so entstand Ellagsäure. Durch Einwirkung von Emulsin bildete sich Luteosäure, eine Pentaoxybiphenyl-methylolidkarbonsäure:



Die Chebulinsäure wird aus den Myrobalanenfrüchten durch Auslaugen mit Wasser und Umkristallisieren gewonnen. Trotz vieler Untersuchungen (Adolphi, H. Thoms, Richter, Paessler, Hoffmann, Emil Fischer mit M. Bergmann und K. Freudenberg) muß die Konstitution als unaufgeklärt gelten. Süß schmeckend, macht sie aus Natriumazetat Essigsäure frei und muß deshalb als ziemlich starke Säure angesprochen werden. Die von Freudenberg mit 5 % Schwefelsäure ausgeführte Hydrolyse lieferte Glukose (bis 10,5 %) und Gallussäure (bis 55 %). Der Rest bestand aus Zersetzungsprodukten. Als Freudenberg aber, Fridolin (409) folgend, heißes Wasser zur Aufspaltung benutzte, resultierten eine ein-, wahrscheinlich zweibasische, Phenolkarbonsäure und (334) ein Gerbstoff, den Freudenberg für Digalloylglukose hält. Die Frage, ob die genannten Spaltungsprodukte die einzigen sind, oder ob noch eine andere Gruppe an der Konstitution beteiligt ist, ist vorläufig unentschieden.

Sumachgerbstoff.

Der Sumachgerbstoff kommt in den Blättern und jüngeren Trieben von verschiedenen Rhus-Arten, besonders von *Rhus coriaria* (Anacardiaceae) vor. Löwe, der 1873 ein Extraktionsverfahren angegeben hat (396), hat seine Identität mit dem Gallengerbstoff behauptet. Strauß und Gschwendner haben diese Ansicht angefochten, indem sie die bei der Elementaranalyse beider Stoffe erhaltenen Werte verglichen. Auch Farbenreaktionen sprechen dagegen; so gibt der Sumachgerbstoff mit Barytwasser eine hellgrüne Färbung, während sich Tannin damit dunkelgrün färbt (397). Beim Erhitzen mit Wasser gibt der Gerbstoff Gallussäure ab, nach Löwe entsteht außerdem etwas Ellagsäure. Es wird bis jetzt als wahrscheinlich angenommen, daß der Gerbstoff dem türkischen Tannin nahesteht.

Knopperngerbstoff.

Knoppern sind krankhafte Auswüchse, hervorgerufen durch Stiche der *Cynips calicis* auf jungen Früchten von *Quercus robur pedunculata* oder *sessiliflora* (Fagaceae). Löwe hat den Gerbstoff genau so gewonnen wie den Sumachgerbstoff. Die Elementaranalyse lieferte Werte, die mit dem türkischen Tannin gut übereinstimmen. Auch gibt der Gerbstoff, in wässriger Lösung eine Zeitlang etwas über 100° erhitzt, Gallussäure ab. Aus diesen Gründen darf wohl mit Recht die Zugehörigkeit zur Tanninklasse gefolgert werden. Interessant ist es, daß der Gerbstoff aus Holz und Rinde desselben Baumes in chemischer Hinsicht ganz abweicht von diesem Knoppern-gerbstoff (333).

Teegerbstoff.

Zur genauen Untersuchung des natürlichen Gerbstoffes kann nur grüner Tee herangezogen werden, da schwarzer Tee einem Fermentierungsprozeß ausgesetzt wird, der den Gerbstoff chemisch verändert (333). Dies hindert natürlich nicht, aus dem Gerbstoff des schwarzen Tees gewisse Schlüsse zu ziehen auf die Struktur des ursprünglichen. Naninga (398) hat grünen Tee extrahiert und dabei neben Gerbstoff Querzitrin gefunden, ein Rhamnosid des Querzetins. Bemerkenswert ist, daß Hlasiwetz (399) im schwarzen Tee Querzetin fand. Der Gerbstoff des grünen Tees konnte übrigens von Naninga durch fraktioniertes Ausziehen mit Essigäther von Querzitrin getrennt und als amorphes Pulver gewonnen werden. Naninga soll nach Mitteilung von J. Dekker (401) einen kristallinischen Teegerbstoff isoliert haben. Strauss und Gschwender (400) haben schwarzen Tee extrahiert und dabei den Gerbstoff als weißes Pulver abgeschieden, das in wässriger Lösung Leim fällte und sich mit Eisenchlorid grün färbte. Hlasiwetz (399) fand im schwarzen Tee freie und gebundene Gallussäure. In neuester Zeit hat Deuß (402) einige Mitteilungen über den Gerbstoff veröffentlicht, in denen die Anwesenheit von COOH-Gruppen bestritten wird. Dagegen soll das Molekül wenigstens eine Keto- und acht Hydroxylgruppen enthalten, denn bei Behandeln des Gerbstoffes mit Kaliumpermanganat wird nach Deuß Kohlensäure frei, während durch Einwirkung von Salpetersäure Oxalsäure gebildet wird. Fehlingsche Lösung und ammoniakalische

Silberlösung werden reduziert. Eisenchlorid gibt einen schwarzen, Brom in wässriger Lösung einen gelben, Bleiazetat einen graugelben Niederschlag.

Valoneagerbstoff.

Der Valoneagerbstoff, der aus den Fruchtbechern verschiedener Quercusarten gewonnen wird, ist neben dem der Eichenrinde einer der besten Gerbstoffe. Es sei hier nur kurz auf die Chemie eingegangen. Der Gerbstoffgehalt schwankt bei Valonea je nach den Teilen (Schuppen, Bechern, Eicheln), aus denen er gewonnen wird, und zwar sind die Schuppen der Fruchtbecher am gerbstoffreichsten, die Eicheln dagegen enthalten nur fast halb soviel Gerbstoff wie die Schuppen. Die nachfolgende Analyse von Parker und Leech zeigt die prozentualen Gerbstoffmengen an (383):

	Smyrna-Valonea			Griechische Valonea		
	insgesamt %	Becher ohne Schuppen %	Schuppen %	insgesamt %	Becher ohne Schuppen %	Schuppen %
Gerbstoff	32,4	31	43,6	32,1	27,4	41
Löslicher Nichtgerbstoff . . .	12,5	12,8	14,5	13,0	12,9	14
Unlöslicher Nichtgerbstoff . .	43,1	43	29,9	43,0	47,7	33

Über den Valoneagerbstoff wissen wir in chemischer Hinsicht nur sehr wenig. Auch die Untersuchungen von Benett (403) haben zu keinem Resultat geführt.

Dividivigerbstoff.

Der Dividivigerbstoff, der aus den Schoten von *Caesalpinia coriaria* Willd. (Leguminosae) dargestellt wird, wurde von Günther (384) näher untersucht. Er hielt ihn für identisch mit dem Gerbstoff des Sumach und der Myrobalanen. Bei der Spaltung erhielt er pyrogallolartige Produkte, Zucker und Gallussäure. Da die Elementaranalye der gefundenen Gallussäure mehr Wasserstoff ergab als der Gallussäure entspricht, nannte er sie Hydrogallussäure. Die Untersuchungen von Löwe (385) ergaben, daß der Gerbstoff aus 49,7 % Kohlenstoff und 3,2 % Wasserstoff besteht, und ihm demnach die Formel $C_{14}H_{10}O_{10}$ zukommen müsse. Auch gab der Gerbstoff, auf 110° in zugeschmolzenen Röhren erhitzt, reichlich Ellagsäure. Loewe nannte den Gerbstoff daher Ellagengerbstoff. Nach Fridolin (386) soll jedoch auch Gallussäure unter den Spaltungsprodukten zu finden sein. Jedenfalls handelt es sich um ein Gemisch gebundener Ellagsäure und gebundener Gallussäure. Die Ellagsäure scheidet sich schon zum Teil beim Verdünnen eines Dividiviextraktes aus, jedoch ist der chemische Vorgang bei dieser Ausscheidung der Ellagsäure noch unbekannt.

Der Rohgerbstoff von Dividivischoten enthält:

Gerbende Stoffe	41,5 %
Lösliche Nichtgerbstoffe . .	18,0 %
Wasser	13,5 %
Unlösliches	25,4 %
Zuckerartige Stoffe	8,4 %

Algarobillagerbstoff.

Der Algarobillagerbstoff, aus den Schoten von *Balsamocarpum brevifolium* (Leguminosae) stammend, ist zuletzt von Nierenstein (387) untersucht worden. Nach dreitägigem Stehenlassen des Auszuges hatte sich Ellagsäure abgeschieden. Nach dem Umkristallisieren mittels Alkohol schied sich beim Abdunsten des übrigbleibenden Alkohols eine kristallinische Masse aus. Die Kalischmelze dieser Kristalle ergab Phloroglucin und Gallussäure.

Aus dem wässrigen Filtrat der Ellagsäure konnte er Gallussäure, Gallussäuremethylester und einen Gerbstoff isolieren. Der Gerbstoff konnte mit Essigäther ausgeschüttelt werden. Zur Reinigung wurde dann die Bleiverbindung dargestellt und diese durch Schwefelsäure wieder getrennt. Durch erneutes Ausschütteln mit Essigäther bleibt nach dem Verdunsten desselben eine glasartige Masse zurück, deren Schmelzpunkt bei 217—221° liegt.

Durch Hydrolyse mittels Schwefelsäure erhielt Nierenstein Gallussäure und Glukose. Außerdem fand er in dem Algarobillagerbstoff noch einen anderen Gerbstoff, der ebenfalls Gallussäure als Spaltungsprodukt lieferte.

Granatrindengerbstoff.

Der Granatrindengerbstoff, von *Punica granatum* (Punicaceae) stammend (auch die Fruchtschalen enthalten Gerbstoff), kommt für die Technik nur wenig oder gar nicht in Frage. Die Hydrolyse ergab 54—66 % Ellagsäure, 2—3 % eines kristallisierten Produktes (Gallussäure?) und vergärbaren Zucker (409, 410, 411, 412).

Buchengerbstoff.

Der Buchengerbstoff ist aus den Blättern von *Carpinus betulus* (Betulaceae) von Alpers (413) durch fraktioniertes Niederschlagen mit Bleiazetat als zitronengelbes hygroskopisches Pulver dargestellt worden. In wässriger Lösung spaltet der Gerbstoff leicht Ellagsäure ab. Die Hydrolyse mit H_2SO_4 liefert Gallussäure, aber keinen Zucker.

Nymphaeagerbstoff.

Die Nymphaeagerbstoffe, von Fridolin (414) und Grüning (415) untersucht, liefern bei der Hydrolyse ebenfalls Ellagsäure. Technisch werden sie nicht verwandt.

Kastaniengerbstoff.

Der Kastaniengerbstoff ist eingehend von Naß (388) untersucht worden. Aus dem Kastanienholzextrakt salzte er mittels Natriumchlorid die Phlobaphene aus, filtrierte ab, dialysierte und schüttelte das Dyalysat mit Essigäther aus. Ferner bereitete er ein zweites Präparat, indem er die wässrige Lösung mit Bleiazetat teilweise niederschlug, filtrierte und das Filtrat wieder mit Essigäther ausschüttelte. Und drittens schlug er durch Bleiazetat die gesamten Gerbstoffe nieder und erhielt durch Einleiten von H_2S die Gerbstoffe wieder, die er in Wasser löste und zur Trockne eindampfte. Er erhielt auf diese Weise verschiedene Resultate bei den Elementaranalysen:

	1	2	3
C	52,2	53,63	51,8
H	3,97	4,59	3,69

Der Gerbstoff liefert mit Schwefelsäure Ellagsäure und Phlobaphen, aber keine Glukose.

Der von Trimble (389) aus der Rinde und dem Holz von *Castanea vesca* (Fagaceae) dargestellte Gerbstoff war fast weiß und leicht in Wasser löslich. Die Elementaranalyse des Gerbstoffes aus der Rinde ergab 52,1 % C und 4,4 % H, aus dem Holz 62,4 % C und 4,7 % H. Auch Naß hatte schon infolge der erhaltenen Werte auf eine Ähnlichkeit mit Tannin geschlossen, und auch Trimble glaubte es mit einem tanninähnlichen Stoff zu tun zu haben.

Die von Freudenberg und Walpuski (416) ausgeführten Untersuchungen ergaben Gallussäure, Ellagsäure und Querzetin $C_{15}H_{10}O_7$, ein Tetraoxyflavonol, das auch in der Eichenrinde zu finden ist. Auch lieferte die Hydrolyse neben Gallussäure und Querzetin etwa 2 % Glukose. Die Gerbstoffe sind bei der Edelkastanie wie folgt verteilt (96):

	Rinde	Splintholz	Kernholz	Gesamtholz	Berindetes Holz
Gerbende Stoffe	12,5	7,4	8,7	8,2	8,5
Lösliche Nichtgerbstoffe .	6,2	1,7	1,7	1,7	2,1
Unlösliches	66,8	76,4	75,1	75,6	74,9
Wasser	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5

Algarobilla-, Dividivi-, Myrobalanen-, Kastanien- und Valoneagerbstoff faßt man auch vielfach unter dem Namen Ellagsäuregerbstoffe zusammen. Die Gerbstoffe dieser Gruppe geben dem Leder die »Blume«, die in einer feinen, weißen, körnigen Ausscheidung besteht. Diese »Blume« besteht nach vielen Berichten aus Ellagsäure. —

Bei der Einwirkung von verdünnten Säuren entstehen aus den Ellagsäuregerbstoffen sowohl Ellagsäure als auch Gallussäure.

Eichengerbstoffe.

Die Eichengerbstoffe unterscheiden sich von den vorher angeführten dadurch, daß sie leicht in ein in Wasser unlösliches Gerbstoffrot übergehen, ein Vorgang, der mit einer inneren Lakton- bzw. Ätherbildung im Tannidmolekül erklärt wird. Während der Eichenholzgerbstoff ein Pyrogallolgerbstoff ist, kommen im Eichenrindengerbstoff ein Pyrogallol- und ein Pyrokatechingerbstoff vor. Nach den Untersuchungen von Paessler (419) ändert sich der Gerbstoffgehalt mit zunehmendem Alter und ist im Stamm und in den Ästen verschieden. Durchschnittlich kann man 5—13 % Gerbstoff in Eichenholz annehmen, wenn auch Untersuchungen bei einigen Arten 24%, ja selbst 38% Gerbstoffe ergeben haben. In der Technik wird hauptsächlich die Eichenrinde in Gestalt der Eichenlohe als Gerbmittel verwandt. Die Eichenrinde weist im Durchschnitt 8 bis 12 % Gerbstoffe auf, und zwar sind die Rindenstücke vom untersten Stammteil des Baumes am gerbstoffreichsten.

Was die Chemie des Eichengerbstoffes betrifft, so waren die Ansichten und die Ergebnisse der älteren Forscher sehr abweichend, zumal der Gerbstoff der Eichen sich rasch verändert und sich leicht Oxydations- und Kondensationsprodukte bilden. Erwähnenswert sind die Arbeiten von Johanson (420), Loewe (421), Etti (422), Böttinger (423) und Trimble (424). In neuester Zeit haben Freudenberg und Vollbrecht (425), um Veränderungen des Gerbstoffes zu verhindern — viele der älteren Forscher hatten den im Handel erhältlichen Eichengerbstoffextrakt als Ausgangsmaterial benutzt — Blätter und junge Triebe von *Quercus pedunculata* (Fagaceae) mit heißem Wasser extrahiert. Durch Bleiazetat wurde der Gerbstoff gefällt und das Bleisalz durch verdünnte Schwefelsäure zerlegt. Durch mehrmalige Wiederholung dieses Vorganges wurde der Gerbstoff gereinigt. Durch Extrahieren der wässrigen Lösung mit Äther und Essigäther wurden Ellagsäure, geringe Spuren von Gallussäuren und Querzetinverbindungen entfernt. Der nach dem Eindunsten der Lösung zurückbleibende Gerbstoff war amorph und von gelbroter Farbe. Er enthielt 18—24 % gebundene Ellagsäure und 3—7 % gebundenen Zucker. Die beiden Forscher nehmen nach ihren Untersuchungen als Hauptbestandteil des Eichengerbstoffes die Quercussäure an, die sich aber durch Hydrolyse mit verdünnter Schwefelsäure nicht gewinnen ließ, vielmehr erhielten sie nur Ellagsäure und Glukose. Sie konnten feststellen, daß nur vier Fünftel der Ellagsäure abgespalten waren. Erst durch Einwirkung von Alkalien gelang es, die Ellagsäure völlig abzuscheiden. Aus dem optischen Verhalten nach der Abtrennung der Glukose schließen Freudenberg und Vollbrecht (425), daß Glukose und Ellagsäure nicht miteinander, sondern an die Quercussäure gebunden sind, und zwar so, daß die Aldehydgruppe der Glukose mit einem alkoholischen oder phenolischen OH der Quercussäure glukosidartig, Ellagsäure und Quercussäure esterartig verknüpft sind. In welchem Verhältnis Quercussäure, Ellagsäure und Glukose miteinander verbunden sind, ist noch nicht erforscht, wie denn auch über die Quercussäure nähere Untersuchungen noch ausstehen. Nach Freudenberg scheidet der reine Gerbstoff keine Protokatechusäure und kein Phlorogluzin ab, diese Stoffe stammen von dem dem Gerbstoff beigemengten Querzetin. Die Anwesenheit der Pyrokatechingerbstoffe in der Rinde erklärt sich durch die leichte Veränderlichkeit des Gerbstoffs und damit auch die Anwesenheit von unlöslichen Gerbstoffroten, die als Endprodukte der Kondensationsvorgänge beim Trocknen der Rinde anzusehen sind.

Die Pyrokatechingerbstoffe.

Hier sei in erster Linie das Katechu besprochen. Man stellt Katechu dadurch her, daß man das Holz von *Acacia catechu* und *A. suma* (Leguminosae) auskocht, den erhaltenen Saft eindickt und dann die zähflüssige Masse in Holz- oder Tonformen gießt. Im Durchschnitt zeigt die Untersuchung folgende Zusammensetzung nach Eitner (426):

	a	b
Gerbende Substanzen .	50,65 %	52,68 %
Nichtgerbende Stoffe und Katechin . .	26,28 %	23,54 %
Wasser	12,45 %	11,93 %
Unlösliches	10,62 %	11,58 %

Berzelius (427) sah im Katechin den eigentlichen Gerbstoff. Ridenour (428) isolierte den Gerbstoff und suchte durch Elementaranalysen die Zusammensetzung des Gerbstoffes zu ergründen, ebenso Loewe. Die neueren Untersuchungen Freudenbergs haben ergeben, daß es sich beim Gerbstoff des Katechus um keinen einheitlichen Stoff handelt, daß vielmehr ein Gemisch von folgenden Katechinen vorliegt. d-l-Epikatechin, l-Katechin, d-l-Katechin und l-Epikatechin. Gnamm (335) nimmt an, daß im Holze von *Acacia catechu* (Leguminosae) primär l-Katechin vorkommt, daß aber durch die Gewinnungsweise die drei anderen Katechine entstehen. Die Katechine selbst besitzen keine gerbenden Eigenschaften, vielmehr werden diese einem Stoff, der Katechingerbsäure, zugeschrieben, die zum größten Teil bei der Extraktion aus dem Katechin gebildet wird. Daneben finden sich Querzetin und Querzitrin, das Rhamnosid des Querzetins.

Gambir oder gelbes Katechu steht dem Katechu chemisch nahe. Es wird durch Auskochen der Blätter, zum Teil auch der Zweige, von *Uncaria gambir* (Rubiaceae) und Ausgießen des eingedickten Saftes in Holzformen erhalten. Läßt man zur Starre erkalten, so erhält man den Blockgambir, schneidet man die noch nicht erstarrte Masse in Würfel, so erhält man den Würfelgambir. Im Handel laufen noch eine ganze Reihe anderer Gambirarten: Indragiri-, ferner Asahangambir.

	Würfelgambir a	Blockgambir a	b	c
Gerbende Substanz	36,84	36,33	33,47	34,79
Nichtgerbstoff und Katechin	21,63	24,44	21,41	23,51
Wasser	35,87	35,87	35,87	35,87
Unlösliches	5,66	5,36	9,25	5,83

[nach Gnamm (335)]

Gambir enthält neben der Katechugerbsäure nur reines d-Katechin.

Bevor auf die Chemie der Katechine eingegangen wird, seien noch einige andere in der Natur vorkommende Katechine erwähnt, die aber keine technische Bedeutung erlangt haben.

Arekakatechu, aus den Samen von *Areca catechu* (Palmae) stammend, soll ebenfalls ein Katechin enthalten (430). Flückiger (431) konnte einen in Wasser wenig löslichen Stoff isolieren, der bei der trocknen Destillation Pyrokatechin lieferte. Er glaubte eine Übereinstimmung des Arekakatechu mit Kinorot und Ratanhiarot feststellen zu können.

Eukalyptuskatechine. Maiden und Smith (432) isolierten aus dem Kino von *Eucalyptus hemiphloia* und *E. calophylla* (Myrtaceae) Eudesmin und Aromadendrin, indem sie zunächst das Kinopulver mit Wasser benetzten und dann mit Äther extrahierten. Eudesmin $C_{26}H_{30}O_8$ kristallisiert in rhombischen Prismen oder Nadeln und ist in heißem Wasser, Alkohol, Eisessig, Chloroform, Amylalkohol, Äther, Essigäther löslich. Durch Schwefelsäure wird Eudesmin mit purpurroter Farbe gelöst. Schmelzpunkt 90°. Aromadendrin $C_{29}H_{26}O_{12} \cdot 3\,H_2O$ kristallisiert in sechsseitigen Plättchen. In Chloroform, Benzol und Petroläther ist es unlöslich, sonst steht es in der Löslichkeit dem Eudesmin nicht nach. Durch Schwefelsäure wird es mit gelber Farbe gelöst. Beim Schmelzen mit Kali werden Protokatechusäure und Phlorogluzin erhalten.

Mahagonikatechin. Beim Extrahieren von Holzspänen von *Swietenia mahagoni* (Meliaceae) mit kaltem Äther konnte Caseneuve (433) einen katechuartigen Körper erhalten, was von Purrmann (434) nach neueren Untersuchungen bestätigt wurde. Welche Art des Katechins vorliegt — vielleicht ist es ein d-l-Katechin — ist noch nicht erwiesen.

Pauliniakatechin. Peckolt (435) fand in den entschälten Samen von *Paullinia sorbilis* (Sapindaceae) 8,5 % Gerbstoff, in der Samenhaut 4,2 %, in der Pasta Guacana 6% Gerbstoff, der dieselben Reaktionen zeigte wie der Kinogerbstoff. Greene (436) schlug mit Bleiazetat den Gerbstoff aus der wässrigen Lösung nieder und erhielt einen amorphen, hellgelben Stoff. Beim langsamen Eindampfen der Lösung scheiden sich Kristalle aus, in denen Kirmsse (437) ein Katechin erkannte. Nach der Untersuchung von O. Böhme

(438) war das Katechin in Alkohol inaktiv, in 50%igem Azeton optisch aktiv, $[\alpha]_D = +3{,}7°$. Das Katechin ist nach Goris und Fluteaux (439) an Koffein gebunden.

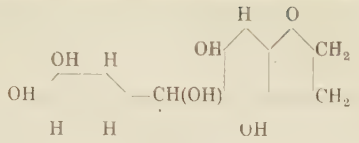
Das Katechin des Rhababers (*Rheum officinale*, Polygonaceae), ist nach O. Böhme (438) ein d-Katechin, das ebenfalls in Azeton rechts dreht, $[\alpha]_D = +18°$. Tschirch und Heuberger (440) bezeichneten den Rhabarbergerbstoff als Rheotannoglukosid.

Katechine. Runge (441) und Nees van Esenbeck (442) gewannen aus dem Katechu und dem Uncariagambir kristallinische Stoffe, die sie Katechin benannten. Die Meinungen, wie dieses Katechin mit dem Gerbstoff in Zusammenhang zu bringen sei, gingen zunächst weit auseinander. Delffs (443) hielt das Katechin für ein Zersetzungsprodukt des Gerbstoffs. Loewe (444) fand, daß bei längerem Erhitzen von Katechin in zugeschmolzenen Röhren eine Umwandlung zu Katechugerbstoff stattfand.

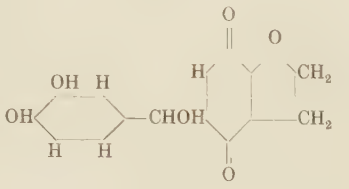
Freudenberg (445) versteht unter Katechinen Verbindungen, die außer dem Phlorogluzin noch einen weiteren Benzolkern enthalten. Diese Stoffe kondensieren sich leicht zu Gerbstoffen, sei es durch die Einwirkung von Mineralsäuren, von Fermenten, durch bloßes Erhitzen ihrer Lösung oder auch ihrer Substanz bei Gegenwart oder Abwesenheit von Sauerstoff. Die ersten Kondensationsprodukte sind wasserlöslich, die späteren unlöslich. Diese letzteren sind die Gerbstoffrote.

Was die Struktur des Katechins betrifft, so ist es Kostanecki (446) gelungen, hierüber Klarheit zu schaffen. Durch Methylierung konnte er feststellen, daß fünf OH-Gruppen vorhanden waren, von denen vier durch Dimethylsulfat leicht methyliert werden konnten, während es bei der fünften OH-Gruppe nur unter bestimmten Bedingungen gelang. Bei der Oxydation des Tetramethyläthers entstand ein chinonartiger Körper, der Katechontrimethyläther. Durch Methylieren ließ sich ein Katechontetramethyläther erhalten.

Durch die Kalischmelze konnte ein Protokatechusäure- und ein Phlorogluzinrest festgestellt werden.

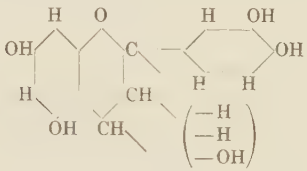


Katechin

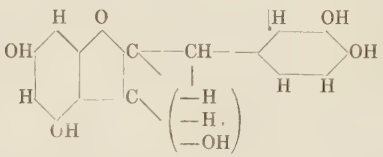


Katechon

Nach den Untersuchungen Freudenbergs ist aber die Formel des Gambirkatechins, wie folgt gebaut:

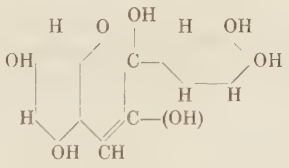


oder

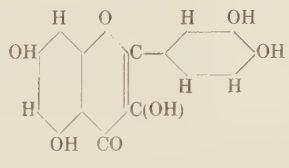


Freudenberg fand weiter, daß das Katechin das Reduktionsprodukt von Anthocyanfarbstoffen ist. Dies ist augenscheinlicher, wenn man die Formeln von Cyanidin und Querzitin mit den Konstitutionsformeln des Katechins vergleicht.

Cyanidin



Quercetin



Gnamm (335) sagt hierzu folgendes: »Ebenso wie die Flavonfarbstoffe und Anthocyanidine nach ganz bestimmten Regeln untereinander variieren, wie man

an das Phlorogluzin alle möglichen Systeme vom Benzol bis zum Pyrogallol angegliedert findet, so trifft man auch bei der Katechinfamilie eine Reihe von Verwandten, die sich durch ganz ähnliche Konstitutionsanordnungen voneinander unterscheiden. Zwischen den Flavonen und Anthocyanen einerseits und den Katechinen anderseits bestehen deutlich erkennbare Parallelen.«

Über die Synthese des Katechins sei auf die einschlägige Literatur verwiesen. Erwähnt seien jedoch die Untersuchungen über die Isomerie der Katechine. Perkin hatte aus dem Holz von *Acacia catechu* das »Akakatechin« gewonnen. Freudenberg gelang es nun zu beweisen, daß das Gambirkatechin und das Akakatechin identisch waren, und daß zwischen beiden eine Raumisomerie besteht. Da die Katechine zwei asymmetrische Kohlenstoffatome enthalten, sind sie optisch aktiv. Nach den Untersuchungen zeigte sich, daß Gambirkatechin rechts, Akakatechin links dreht, daß ferner Gambirkatechin fast reines d-Katechin, Akakatechin ein Gemenge von d- und l-Katechin ist, bei dem aber das l-Katechin überwiegt.

Wurde d-l-Katechin im Wasserstoffstrom 24 Stunden in gesättigter Kochsalzlösung gekocht, dann mit Äther ausgeschüttelt und die Mutterlauge mit Bleiazetat gereinigt und eingedampft, so kristallisierten neben feinen Nadeln des d-l-Katechins andere Kristalle aus. Dieses neue Katechin wurde d-l-Epikatechin genannt. Es war die zweite razemische Form, die bei Annahme von zwei asymmetrischen Kohlenstoffatomen im Kohlenstoffgerüst vorhanden sein mußte. Es gelang Freudenberg und seinen Mitarbeitern, noch das l-Epikatechin und das d-Epikatechin zu isolieren und die Zusammenhänge zwischen d- und l-Katechin und d- und l-Epikatechin aufzuklären.

d-l-Katechin kann erhalten werden durch Zusammenmischen von gleichen Mengen d- und l-Katechin und kristallisiert in Nadeln, die unter Zersetzung bei 212—214° schmelzen.

d-Katechin kristallisiert mit 4 Mol. H_2O. Es schmilzt wasserhaltig bei 95°, wasserfrei bei ungefähr 175°. Mit Bruzinazetatlösung zusammengebracht bildet Katechin eine Additionsverbindung, bestehend aus einem Mol. Bruzin und einem Mol. Katechin, die in Krusten auskristallisiert. Optische Drehung: $[\alpha]_{Hg}$ gelb in 50% Azeton $= +16{,}9°$.

l-Katechin schmilzt wasserhaltig bei 93—95°, wasserfrei unter Zersetzung bei 174—175°. Optische Drehung: $[\alpha]_{Hg}$ gelb in 50% Azeton $= -16{,}7°$. In alkoholischer Lösung zeigt das l-Katechin keine optische Aktivität.

Beim d-l-Epikatechin unterscheidet man zwei Kristallformen, dicke Plättchen mit 4 Mol. H_2O und feine Nadeln, die bei der Kristallisation über 50° erhalten werden. Der Kristallwassergehalt bei letzteren steht mit Sicherheit noch nicht fest. Schmelzpunkt ohne Kristallwasser: 224 bis 226°.

d-Epikatechin kristallisiert in großen schwer wasserlöslichen Kristallen mit 4 Mol. Wasser, die bei 245° unter Zersetzung schmelzen: $[\alpha]_{Hg}$ gelb in 96% Alkohol $= +69°$.

l-Epikatechin kristallisiert ebenfalls mit 4 Mol. H_2O in kleinen Kristallen, die bei 245° schmelzen. $[\alpha]_{Hg}$ gelb in Alkohol $= -68°$, in 50% Azeton $= -60°$.

Quebracho.

Unter Quebracho versteht man den festen oder flüssigen Extrakt verschiedener Quebrachobäume (siehe botanischen Teil), hauptsächlich vom roten Quebracho Chaqueño.

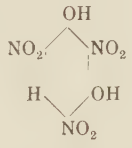
Wie beim Eichengerbstoff, so ändert sich auch hier der Gerbstoffgehalt des Quebrachobaumes mit dem Alter. Pollak gibt hier folgende Mittelwerte an (448):

		Gerbstoff %	Nichtgerbstoff %	Wasser %
Dicker Stamm	unten	21,53	1,7	10,6
	Mitte	21,00	1,6	10,8
	oben	19,50	2,6	10,3
Mittlerer Stamm	unten	21,90	2,2	10,2
	Mitte	21,70	2,2	10,6
	oben	20,00	2,1	9,5
Dünner Stamm	unten	21,50	1,8	10,2
	Mitte	24,20	2,3	10,2
	oben	24,10	2,3	10,2

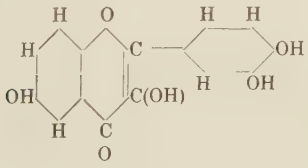
Der feste argentinische Quebrachoextrakt enthält folgende Gerbstoffmengen:

	natürlich		sulfitiert	
	Filterverfahren	Schüttelverfahren	Filterverfahren	Schüttelverfahren
	%	%	%	%
Gerbende Stoffe	66,0	63,0	69,5	66,5
Nichtgerbstoffe	5,0	8,0	8,5	11,5
Unlösliches .	7,0	7,0	—	—
Wasser . . .	22,0	22,0	22,0	22,0

Quebrachogerbstoff färbt Ferrisalz grün und wird durch Brom gefällt. Fehlingsche Lösung wird nicht reduziert, wohl aber ammoniakalische Silbernitratlösung. Eiweiß- und Leimlösungen geben Niederschläge. Mit Säure erhitzt liefert er ein Rot von der Zusammensetzung C = 62,4%, H = 5,6 %. Strauss und Gschwendner (400) konnten einen Gerbstoff aus dem Holz isolieren, dessen Zusammensetzung C = 58,26 %, H = 5,38 %. Jablonski und Einbeck (449) ließen auf gepulverten Quebrachoextrakt konzentrierte Salpetersäure einwirken, wobei unter Entwickelung von nitrosen Dämpfen beim Erwärmen auf dem Wasserbad wahrscheinlich auch Kohlensäure entwich. Nach der Reaktion wurde zur Kristallisation eingeengt, mit Wasser wieder aufgenommen, mit Ammoniak alkalisch gemacht und mit Essigsäure neutralisiert. Auf Zusatz von Kalziumchloridlösung fiel Kalziumoxalat aus. Nach dem Filtrieren wurde zur Kristallisation im Vakuum eingeengt, die Kristalle wurden in Wasser gelöst und der Lösung wurde im Überschuß verdünnte Salzsäure zugefügt. Die ausfallenden Kristalle stellen ein 2-, 4-, 6-Trinitroresorzin dar:



Damit war erwiesen, daß Resorzin im Quebracho vorhanden war. Außerdem fanden die beiden Forscher das schon oft bei Untersuchungen anderer Forscher erwähnte Fisetin:



Schon im Jahre 1878 hatte Arata (450) aus dem Quebrachoholz Gerbstoff isolieren können, der bei der trocknen Destillation Pyrokatechin lieferte. Die Kalischmelze ergab Phlorogluzin und Protokatechusäure. Nierenstein (451) konnte ferner Protokatechusäure, Pholorogluzin und schließlich auch Quinon unter dem Zersetzungsprodukte feststellen. Durch Oxydation des Quebrachogerbstoffes mit Kaliumpersulfat erhielt Nierenstein einen roten Stoff, der bei Zinkstaubdestillation Anthrazen lieferte. Auch das Quebrachorot scheint Anthrazen zu geben.

Wenn auch die Untersuchungen des Quebrachogerbstoffes einzelne Bausteine zutage förderten, so bedarf es noch weiterer Untersuchungen, um den Chemismus des Gerbstoffes aufzuklären.

Fichtenrindengerbstoff.

Der Fichtenrindengerbstoff stammt aus der Rinde von *Picea vulgaris* (Pinaceae). Nach Paesslers Untersuchungen (418) setzt sich die Fichtenrinde wie folgt zusammen:

	Filterverfahren %	Schüttelverfahren %
Gerbende Stoffe	11,5 (7—18)	9,5 (5—16)
Nichtgerbstoffe	7,0 (5—12)	9,0 (7—24)
Unlösliches . .	67,0 %	
Wasser . . .	14,5 %	

100 Teile gerbender Stoffe enthalten:

	Filterverfahren	Schüttelverfahren
traubenzuckerartige Stoffe	30 %	37 %
rohrzuckerartige	13 %	10 %

Die Ansichten der Forscher, ob die Fichtenrinden verschiedener Gegenden in ihrem Gerbstoffgehalt variieren, widersprechen sich stark. Paessler nimmt dieses nicht an, während andereits die Untersuchungen von Smaic und Wladika (452) nach den Standorten Unterschiede von 3—18,5 % Gerbstoff in den einzelnen Rinden aufweisen. (Über Fichtenrindenextrakte siehe die einschlägige Literatur.) Über die Chemie des Gerbstoffes ist so gut wie nichts bekannt (453—455).

Von den übrigen Pinaceen seien der Gerbstoff von *Pinus silvestris* erwähnt. Aus der Rinde dieses Baumes schied Kawalier (453) einen Gerbstoff ab, aus des-

sen Lösung er durch Bleiazetat verschiedene Verbindungen isolierte, die »Cortepinitannsäure« C = 55,5 % und H = 5,3 % mit der Formel $C_{16}H_7O_7$ und die »Pinicortannsäure« C = 48,6 %, H = 4,9 % mit der Formel $C_{19}H_9O_{11}$. Die Pinicortannsäure liefert ein Rot C = 51,7 %, H = 4,5 %.

Tannen- und Lärchenrindengerbstoff.

Einheimische Tannen- und Lärchenrinden (*Abies* und *Larix*) (Pinaceae) sind sehr gerbstoffarm und können daher keine technische Verwendung in der Lederindustrie finden.

Tannenrinde (13°).

	Feuchtigkeit %	Gerbstoff %	Nichtgerbstoff %
Tannenrinde aus d. Bukowina			
20 jährig	15,00	6,75	6,00
40 jährig	15,00	6,20	5,97
100 jährig	15,00	6,32	6,11
Tannenrinde aus Niederösterreich	12,77	4,80	4,32
Tannenrinde unbekannt. Herkunft	15,32	2,13	1,94
Lärchenrinde aus Niederösterreich	12,06	7,48	6,32
Dasselbe	17,43	8,14	5,01
Lärchenrinde aus Oberösterreich	11,85	9,22	7,18

Stenhouse (456) fand in der Lärchenrinde einen Gerbstoff, der Eisensalze grün färbte und Gelatine fällte. Bei der Hydrolyse mit Säuren lieferte er Lärchenrot, aber keinen Zucker.

Die Rinde von *Tsuga canadensis* (Pinaceae) liefert Hemlockrinde, die 7—12% Gerbstoff enthält. Böttinger stellte eine Bromverbindung dieses Gerbstoffes dar, $C_{20}H_{14}B_4O_{10}$. Der Hemlockgerbstoff soll ein höheres Homolog des Eichengerbstoffes sein (437 a). Neuere Untersuchungen über den Gerbstoff hat Nierenstein (457) angestellt.

Rindengerbstoff von *Pseudotsuga Douglasii*.

Auch über die Chemie des Rindengerbstoffs von *Pseudotsuga Douglasii* (Pinaceae) sind wir noch wenig unterrichtet. Paessler (458) hat folgende Gerbstoffwerte gefunden:

	a	b
Gerbende Stoffe	18,0%	17,0%
Lösliche Nichtgerbstoffe	10,5%	11,0%
Unlösliches	57,0%	57,5%
Wasser	14,5%	14,5%

Auf 100 Teile gerbende Stoffe entfallen:

	a	b
Traubenzuckerart. Stoffe	33,0%	29,0%
Rohrzuckerartige Stoffe	6,0%	6,0%
	39,0%	35,0%

Kocht man einen Auszug der Rinde mit Formaldehyd und Salzsäure, so wird der Gerbstoff gefällt. Während durch Bromwasser ein Niederschlag entsteht, bleibt dieser durch Bleiazetat in essigsaurer Lösung aus.

Weidenrindengerbstoff.

Die Weidenrinde enthält durchschnittlich 8 % Gerbstoff, über dessen Konstitution fast nichts bekannt ist. Stenhouse (456) fand, daß der Gerbstoff beim Kochen mit Säuren neben Gerbstoffrot auch Glukose abspaltete. Johansen glaubte an eine Verwandtschaft mit dem Eichengerbstoff (420). Durch Erhitzen mit verdünnter Säure fand auch er, daß neben Rot Zucker und Gallussäure entstanden. Powarnin und Schurawlew haben aus der Rinde von *Salix alba viminalis* (Salicaceae) einen Gerbstoff isoliert, der bei der Zersetzung Protokatechusäure, Pyrogallol, Phlobaphene und Zucker lieferte (459). Protokatechusäure, Phlorogluzin und Pyrokatechin erhielten Votozek und Köhler (460) beim Erhitzen des aus der Rinde dargestellten Farbstoffes mit Ätzkali. Über die leichte Zersetzbarkeit des Weidengerbstoffes berichten Sonne und Kutscher (461).

Birkenrindengerbstoff.

Die Birkenrinde (*Betula alba*, Betulaceae) ist bezüglich ihres Gerbstoffgehaltes von Appelius untersucht worden (462).

Gasser (463) gelang es, als Abbauprodukt des Birkengerbstoffs Pyrokatechin aufzufinden.

	Gerbstoff %	Nichtgerbstoff %	Zuckerartige Stoffe %	Hieroon-Traubenzucker %
Borkige Außenrinde	4,0	4,3	2,10	1,54
„ Innenrinde	8,5	8,0	2,26	1,65
Borkenfreie Innenrinde	10,6	13,0	6,30	5,32
„ „ (alt)	11,5	11,5	4,44	3,40
„ „ (jung)	11,7	11,3	4,21	3,17
„ „ (jung)	11,7	10,8	2,61	1,82
„ „ (mittelstark)	13,1	12,0	4,71	4,26
„ „ (mittelstark)	15,7	12,0	4,88	3,49

Erlenrindengerbstoff.

Der Gerbstoff der Rinde von *Alnus glutinosa* (Betulaceae) wurde von Dreikorn und Reichardt (464) isoliert und stellte ein braunes leicht in Alkohol und siedendem Wasser lösliches Präparat dar, dessen Analyse C = 61,1 % und H = 5,4 % ergab. Durch die Einwirkung von Schwefelsäure konnten 19 % Zucker abgespalten werden. Stenhouse (456) konnte dagegen keinen Zucker abspalten. Die Kalischmelze lieferte Protokatechusäure, Phlorogluzin und Essigsäure, die trockne Destillation Pyrokatechin. Der Gerbstoff der Rinde und des Holzes ist nach Eitner mit dem Gerbstoff der Eichenrinde identisch. Über den Gerbstoffgehalt der Rinde und des Holzes berichtet Smaic und Wladika (452).

	Feuchtigkeit %	Farbstoff %
Erlenrinde aus der Bukowina		
10 jährig	15,00	7,80
30 jährig	15,00	9,13
40 jährig	15,00	5,54
Erlenholz aus der Bukowina		
10 jährig	15,00	6,85
30 jährig	15,00	1,20
40 jährig	15,00	1,28

Ulmenrindengerbstoff.

Die Rinde von *Ulmus campestris* (Ulmaceae) enthält gegen 3 % Gerbstoff, den Johansen (420) allerdings nicht rein wegen der großen Menge Schleim, die die Rinde enthält, isolieren konnte. Die trockne Destillation lieferte Pyrokatechin. Aus den Blättern von *Ulmus* gewann Ferrein (465) einen Gerbstoff, die »Xanthotannsäure«.

Canaigre-Gerbstoff.

Der Canaigre-Gerbstoff stammt aus den Wurzelknollen von *Rumex hymenosepalus* (Polygonaceae). Er kommt hierin bis zu 45 % vor. Mittlere Werte geben die Zusammenstellung von Gansser-Jettmar (466).

Gerbende Stoffe	28—35 %
Nichtgerbstoffe	10—18 %
Unlösliches	34 %
Wasser	15 %
Zuckerartige Stoffe	7 %
Asche	2 %

Völker (siehe Dekker) konnte neben dem Gerbstoff Chrysophansäure, Aporetin, Phaeoretin und Erythroretin auffinden. Chrysophansäurederivate konnte auch Richardson (467) nachweisen. Die Untersuchungen von Trimble und Jones, sowie Trimble und Peacock (468) förderten einen gelbweißen Gerbstoff zutage, der mit Ferrichlorid eine grüne Färbung gab. Durch Bromwasser entstand eine Fällung. Der Gerbstoff ist in Wasser und Alkohol leicht löslich. Beim Kochen mit 2 % HCl entsteht ein Niederschlag von Canaigrerot, aus dem Filtrat des Niederschlages konnte mit Äther Protokatechusäure ausgeschüttelt werden. Die Elementaranalyse des Gerbstoffes ergab C = 58,1 %, H = 5,33 %. Die Kalischmelze lieferte nur Protokatechusäure.

Persearindengerbstoff.

Die Rinde von *Persea* (*Laurus*) *lingue* (Lauraceae) enthält 17—22 % Gerbstoff. Arata (469) schied 24,6 % Gerbstoff als rötliches Pulver ab (447), dessen Zusammensetzung $C_{17}H_{17}O_9$ war. Durch Oxydation mit Salpetersäure entstand Pikrinsäure und Oxalsäure. Die trockene

Destillation lieferte Pyrokatechin, das Kochen mit Kalilauge Phlorogluzin.

Bablahgerbstoff.

Der Bablahgerbstoff stammt von den Hülsen verschiedener Akaziaarten, besonders *Acacia arabica, A. farnesiana* und *Acacia nilotica* (Leguminosae). Die Angaben über den Gerbstoffgehalt sind verschieden und wechseln zwischen 12 und 53 %. Wilbuszewic (470) extrahierte den Gerbstoff fraktioniert und fand

C =	58,5 %	59,1 %	57,9 %	57,3 %
H =	4,2 %	4,3 %	4,1 %	4,2 %

Beim Kochen mit H_2SO_4 wurde Phlobaphen, Gallussäure und Ellagsäure erhalten. Die Kalischmelze lieferte Protokatechusäure.

Barbitamaoschotengerbstoff.

Die Barbitamaoschoten (*Stryphnodendron barbitamâo*) enthalten 18 bis 27 % Gerbstoff, darunter viel Phlobaphene. Wilbuszewic (470) hat auch diesen Gerbstoff untersucht. Durch Kochen mit 2% H_2SO_4 bildet sich Rot, Gallussäure, wenig Ellagsäure, aber kein Zucker. Die Kalischmelze lieferte Protokatechusäure.

Ratanhiawurzelgerbstoff.

Die Ratanhiawurzel (*Krameria triandra,* Leguminosae) enthält nach den älteren Untersuchungen gegen 40 % Gerbstoff, der nach den Untersuchungen von Grabowsky (471) beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure Ratanhiarot und Zucker und beim Schmelzen mit Kali Protokatechusäure und Phlorogluzin lieferte. Letzteres bestätigte auch Raabe (472). Die von einigen älteren Forschern angegebene Gallussäure konnte von Ohmeyer nicht aufgefunden werden (473).

Mimosarindengerbstoffe.

Die Mimosarindengerbstoffe stammen von einer ganzen Reihe von *Acacia*-Arten (Leguminosae) und enthalten im Mittelwert

	Filtermethode	Schüttelmethode
Gerbende Stoffe .	33,0 %	31,5 %
Nichtgerbstoffe .	9,5 %	11,0 %
Unlösliches . .	43,0 %	43,0 %
Wasser . . .	14,5 %	14,5 %

Der Mimosarindengerbstoff ist leicht löslich, mit Formaldehyd und Salzsäure gibt er einen Niederschlag, ebenso mit Bromwasser. Beim Erhitzen auf 180 bis 200° liefert er Protokatechusäure.

Schotendorngerbstoff.

Die Rinde und das Holz des Schotendorns (*Robinia pseudacacia,* Leguminosae) enthalten nach Moeller (474) folgende Mengen an Gerbstoff:

	Junges Holz		Altes Holz	
	Rinde %	Holz %	Rinde %	Holz %
Gerbstoffgehalt . .	2,2	4,0	7,2	3,4
Nichtgerbstoff . . .	6,4	2,2	4,5	2,1
Unlösliches	59,0	56,9	78,3	80,6
Wasser	32,4	36,9	10,0	13,9

Der Gerbstoff der Rinde scheint ein Pyrokatechingerbstoff zu sein, der des Kernholzes ein Pyrokatechin und auch ein Pyrogallolgerbstoff. In den Gerbstoffauszügen konnte Moeller die Farbstoffe Robinin und Akazetin, die Perkin (475) in den Blüten und auch Blättern festgestellt hatte, nicht auffinden.

Roßkastaniengerbstoff.

Der Roßkastaniengerbstoff (*Aesculus hippocastanum,* Hippocastanaceae) ist höchstwahrscheinlich ein Gemisch verschiedener Gerbstoffarten und ist von Rochleder (476) genauer untersucht worden. Er stellt ein farbloses, in Wasser, Alkohol und Äther lösliches Pulver dar. Beim Kochen mit verdünnten Säuren färbt sich die Lösung kirschrot unter Abscheidung roter Flocken. Die Hydrolyse lieferte keinen Zucker. Die Elementaranalyse ergab C = 59,0 % und H = 4,6 %.

Mangroverindegerbstoff.

Die Mangroverinde stammt von einer Reihe von Vertretern der Familie der Rhizophoraceen und ist wie folgt verteilt:

Vertreter	Mindestgehalt %	Höchstgehalt %	Mittel %
Rhizophora	29,3	40,8	36,5
Brugiera	28,4	42,3	35,8
Ceriops	24,2	32,2	25,8
Xylocarpus bez. Carapa	26,7	32,5	29,8

	Rhizophora					Brugiera			Ceriops	
Durchmesser in cm . .	10	20	25	30	40	12,5	22,5	37,5	10	25
Gerbstoff in %	28,2	30,3	34,0	38,6	40,4	25,8	29,8	36,4	25,8	32,4

Der Gerbstoffgehalt nimmt mit dem Alter des Baumes zu, wie die Untersuchungen von Coombs und Alcock (477) zeigen (s. Tabelle oben).

Der Mangrovegerbstoff wurde von Trimble untersucht [siehe Dekker (334)]. Beim Erhitzen liefert er Pyrokatechin. Beim Erhitzen mit Säuren entsteht Mangroverot. Für den Gerbstoff wurde die Formel $C_{24}H_{26}O_{12}$ aufgestellt. Der Gerbstoff bildet mit Natriumazetat und Essigsäureanhydrid gekocht ein Azetat $C_{24}H_{23}O_{11} \cdot C_2H_3O$.

Drabbe und Nierenstein (478) fanden, daß der Gerbstoff mit Schwefelsäure einen braunen Niederschlag lieferte. Ebenso gaben Diazobenzolchlorid und Bromwasser Fällungen. Von Freudenberg ist in einem Mangroveextrakt ein Katechin aufgefunden worden (333).

Malettogerbstoff.

Der Malettogerbstoff stammt aus der Rinde von *Eucalyptus occidentalis* (Myrtaceae) und ist nach den Untersuchungen von Paessler in der Rinde im Durchschnitt wie folgt vorhanden (479):

Gerbende Substanzen . . .	42,0 %
Nichtgerbende Substanzen .	7,0 %
Unlösliches	36,5 %
Wasser	14,5 %

Traubenzuckerartige Stoffe sind vorhanden 1,4 %, rohrzuckerartige 0,8 %. Nach den Untersuchungen von Dekker (334) ist der Gerbstoff ein braunes Pulver, das sich leicht in Methyl- und Äthylalkohol löst, schlecht dagegen in Amylalkohol, Azeton und Essigester. Die Elementaranalyse ergab C = 58,16 % und H = 5,38 %. Durch Kochen mit Natriumazetat und Essigsäureanhydrid wurde ein Azetylprodukt der Zusammensetzung $C_{38}H_{28}O_{17} \cdot (C_2H_3O)_{10}$ erhalten. Gibt man Bromwasser zur wässrigen Gerbstofflösung, so entsteht ein Niederschlag, dessen Bromgehalt mit der Zeit abnimmt. Die Kalischmelze liefert Gallussäure und Phlorogluzin, die trockne Destillation Pyrogallol, die Zinkstaubdestillation Diphenyl.

Durch Eisenchlorid entsteht ein schmutziggrüner Niederschlag. Fehlingsche Lösung wird reduziert. Durch Mineralsäuren entsteht eine hellgelbe Fällung. Auch Silbernitrat gibt einen Niederschlag, der beim Erhitzen metallisches Silber abscheidet. Beim Kochen mit verdünnter H_2SO_4 entstehen ein Gerbstoffrot und Spuren von Gallussäure, aber kein Zucker.

Strauss und Gschwendner geben an, daß der Gerbstoff mit dem Quebracho- und Chinagerbstoff übereinstimme.

Chinarindengerbstoff.

Der Gerbstoff der Chinarinde ist sehr oft Gegenstand eingehender Untersuchungen gewesen. Pelletier und Caventou (480) schieden durch Bleiazetat einen in Wasser und Alkohol löslichen Gerbstoff ab, der, wie Berzelius feststellte, leicht zersetzbar war und Chinarot abschied (427). Schwarz (481) konnte aus der Rinde Chinasäure, Chinagerbstoff und Chinarot isolieren. Für den Gerbstoff fand er die Zusammensetzung $C_{14}H_{27}O_7$, der leicht hygroskopisch war. Durch Kochen mit verdünnter Salzsäure entstand aus ihnen Chinarot. Nach Schütt (482) Untersuchungen enthält der Gerbstoff C = 58,2 %, H = 5,7 %, wonach die Formel $C_{13}H_{50}O_{20}$ gelten muß. Auch gelang es ihm, ein Azetat zu erhalten, das aber nicht kristallisierte. Der Niederschlag durch Brom enthielt 41,7 % Br und wurde durch Alkohol mit roter Farbe gelöst.

Aus dem Chinarot erhielt Rembold (483) durch die Kalischmelze Protokatechusäure, gleichzeitig glaubte er den Geruch von Essigsäure wahrzunehmen.

Eine ganze Reihe von Gerbstoffen harrt noch der chemischen Untersuchung, von ihnen weiß man heute noch nicht, zu welcher der beiden Hauptgruppen sie zu rechnen sind. Hierher gehören die Gerbstoffe der Buchenrinde, Nußbaumrinde, des Heidekrautes, der Rinde unserer Obstbäume, der Kinogerbstoff, viele Eukalyptusrinden usw., von denen Gnamm (335) eine gute Zusammenstellung bringt.

E. Konstanty.

III. Allgemeine technische Eigenschaften, Gewinnung und Verwendung der Gerbstoffe.

Unter Gerbmaterialien versteht man solche Körper, die tierische Häute in Leder verwandeln, d. h. die Häute geschmeidig und weich, gegen Fäulnis widerstandsfähig und für Wasser undurchlässig machen [Hanausek (38)]. Sie entstammen den drei Naturreichen und der chemischen Industrie. Hier kommen nur die Stoffe in Frage, welche das Pflanzenreich liefert. Die Wirkung der Gerbstoffe auf die mit ihnen behandelten Häute ist durchaus verschieden, so daß sie je nach der zu erzielenden Wirkung untereinander kombiniert werden müssen. Über die Art der Ermittlung des Gerbstoffgehaltes eines Rohstoffes ist eine große Anzahl von Verfahren ausgearbeitet worden, von denen nur wenige praktisch brauchbar sind, da die Gerbstoffe in chemischer Hinsicht nur schwer erfaßt werden können. Genannt sei das von Schroeter abgeänderte Löwentalsche »Titrierverfahren« (1885). Eine Zusammenstellung der brauchbaren Methoden gibt Paessler (82). Hervorzuheben ist das »indirekt gewichtsanalytische Hauptspulverfahren«, über dessen Verwendung internationale Abmachungen in der Lederindustrie bestehen. Nach dem »Spindelverfahren« wird mit Hilfe eines Aräometers das spez. Gewicht einer wässrigen Gerbstofflösung festgestellt und dann mit Hilfe von Tafeln der Gehalt berechnet [v. Schroeder (99)]. Seit 1907 ist das »Schüttelverfahren« allgemein in Gebrauch gekommen, welches das bis dahin übliche Filterverfahren stark verdrängt hat. Beide Methoden ergeben etwas verschiedene Resultate (siehe Tabelle unten).

Für Arzneimittel hat M. J. Schultze (100) eine neue Methode zur Ermittlung des Gerbstoffgehalts ausgearbeitet. Die Werte stimmen aber mit den bisher bekannten nicht überein. Diese Abweichungen führt der Verfasser auf die Feinheit der Pulverisierung zurück.

Lauffmann (57) teilt folgende Tabelle mit, die zugleich eine Liste der in der Gerberei benutzten Materialien gibt [nach Tschirch (111)].

Extrakte aus	Nach dem Schüttelverfahren	Nach dem Filtrierverfahren
Eichenholz	24,5% (21—27%)	26,5% (23—29%)
Kastanienholz	28 % (23—31%)	30 % (25—33%)
Quebracho, flüssig	33 % (28—38%)	35 % (30—40%)
„ fest	62 % (56—65%)	65 % (60—70%)
Mimosarinde	30,7% (28—40%)	32,8% (31—39%)
Mangrovenrinde	30,7% (20—34%)	32,3% (22—36%)
Fichtenrinde	21,6% (19—23%)	24,6% (22—26%)
Myrobalanen	25,5% (22—27%)	28,7% (25—31%)
Sumach	24 % (21—28%)	26,8% (23—31%)
Block-Gambir	27 % (23—33%)	39 % (35—45%)
Würfel-Gambir	40 % (33—43%)	55 % (48—58%)
Gerbstoffe aus		
Eichenrinde	9 % (5—16%)	10 % (6—17%)
Fichtenrinde	9,5% (5—16%)	11,5% (7—18%)
Mimosenrinde	31,5% (20,5—46,5%)	33 % (22—48%)
Ost-Mangrovenrinde (aus Asien)	34,5% (28,5—48,5%)	36 % (30—50%)
West-Mangrovenrinde (Amerika, Afrika)	22,5% (14—28%)	24 % (16—30%)
Malettrinde	38 % (31—53%)	42 % (35—56%)
Valonen	27 % (14—36%)	29 % (16—38%)
Trillo (Valinea-Schuppen)	37 % (31—47%)	40 % (24—50%)
Myrobalanen	30 % (21—44%)	34 % (25—48%)
„ entkernt	45 % (35—53%)	50 % (40—58%)
Dividivi	36 % (20—45%)	41,5% (25—50%)
Algarobilla		43 % (35—52%)
Knoppern	27,5%	30 % (24—40%)
Sizilian. Sumach	23 % (18—31%)	25 % (20—33%)
Quebrachoholz	19 % (13—25%)	20 % (14—26%)
Kastanienholz	13,1% (7—16%)	14 % (8—17%)

Dazu käme noch *Quercus coccifera* mit 20—30 %, *Pinus halepensis* mit 15—25 %, *Tsuga canadensis* mit 6—16 %, Birkenrinde mit 6—14 %, Persearinde mit 15 bis 25 %, Mangoblätter (*Laguncularia racemosa*) mit 15—25 % und Canaigre mit 15—25 %.

Zur besseren Ausnutzung des Gerbstoffes werden die Gerbmittel vor ihrer Verwendung möglichst zerkleinert, Hölzer zerfasert und pulverisiert, Rinden in Häckselschneidemaschinen und ähnlich konstruierten Rindenschneidern geschnitten und dann zusammen mit anderen Gerbmitteln zu Lohe vermahlen.

Es ist vielfach üblich geworden, anstatt der festen Materialien Gerbextrakte, namentlich solche aus Eichen- und Kastanienholz, in der Gerberei zu verwenden. Der Gehalt dieser an gerbenden Substanzen bewegt sich zwischen 20 bis 60 %, an reinem Tannin 12—57 % [Blücher (8)]. Die Verfahren zur Gewinnung der Gerbextrakte sind meistens patentiert.

Die in den Handel kommenden flüssigen Extrakte haben ein spez. Gewicht von 1,162—1,263, die festen ein solches von 1,4—1,5. Gambir oder Cutch ist halbfest [Lepetit (58)]. Nicht alle pflanzlichen Gerbmittel sind für die Herstellung von Auszügen geeignet. Valoneen und Sumach z. B. werden wirksamer unmittelbar angewandt. Die wichtigsten Extrakte sind Cutch und Gambir, Quebracho-, Kastanien-, Mangrove-, Eichenholz-, Fichten-, Hemlock-, Myrobalanen- und Sumachextrakte [Lepetit (58)]. Weniger wichtig sind die Extrakte aus Valonea, Dividivi, Mimosenrinden, Maletto, Guara, Valdivia und Palmetto. Andere Extrakte, z. B. aus Canaigre, Myrtenblättern, *Pistacia lentiscus*, Ericaceenholz usw., haben sich nicht durchsetzen können.

Die ersten Auszüge wurden aus Gambir gewonnen und sind in Ostindien schon seit Jahrhunderten für Gerbereizwecke im Gebrauch. Auch der Extrakt aus Mangroverinde ist lange bekannt. 1824 soll der erste feste Extrakt aus Mimosenrinde von Neusüdwales nach Europa gekommen sein. Auszüge aus Kastanienholz wurden im Anfang des 19. Jahrhunderts zunächst in Südfrankreich hergestellt. Man benutzte diese zuerst nur in der Seidenindustrie zu Färbezwecken, später um die Mitte des 19. Jahrhunderts auch in der Gerberei. Erst als Gondolo gelehrt hatte, den Extrakt mittels Blutalbumin zu entfärben, nahm der Handel mit Kastanienholzextrakt einen ungeheuren Aufschwung. Um dieselbe Zeit fing man in Nordamerika an, die Rinde der Hemlocktanne zu extrahieren.

Durch die Pariser Weltausstellung wurde die Eignung des Quebrachoholzes zu Extraktionszwecken bekannt. Verbreitung fand das Holz als Rohstoff zunächst wegen der vielen schwerlöslichen Gerbstoffe, den »Phlobaphenen«, nicht, sondern erst nachdem diese Schwierigkeiten von Lepetit (58) und Tagliani durch Behandlung des Extraktes mit Alkalibisulfit um die Jahrhundertwende überwunden wurden.

Um dieselbe Zeit kamen die ersten Trockenextrakte aus Mangroverinden von dem Malaiischen Archipel nach England und wurden dank den Bemühungen Paesslers weiter verbreitet. Den genannten gegenüber haben alle anderen Extrakte nur untergeordnete oder gar keine Bedeutung.

In neuerer Zeit wird ein Verfahren von Rieder zur schnelleren und gründlicheren Gewinnung von Gerbstoffen angegeben. Die Stammstücke werden längs und quer geritzt und darauf in einen Behälter gelegt. Beim Umdrehen oder Hin- und Herschwingen desselben stoßen die Stücke gegenseitig ihre Rinde ab, ein Prozeß, der durch den Zutritt von Dampf, welcher lösend auf die Rinde wirkt, erleichtert wird. Durch weiteren Zusatz heißen Wassers kann die Rinde in demselben Behälter ausgelaugt werden.

Damit die Extraktionsfabriken rentabel arbeiten können, müssen sie das Heizmaterial aus den ausgelaugten Hölzern gewinnen. Zur Extraktion des zerkleinerten Holzes soll weiches Wasser verwandt und die Temperatur möglichst niedrig gehalten werden, andernfalls leidet die Güte des Produktes. Die Extrakte von Dividivi, Sumach und Myrobalanen werden durch zu hohe Temperaturen oft gallertig-schleimig und können die zu bearbeitenden Häute nicht in der gewünschten Weise durchdringen. Über die genauere Verarbeitung und maschinellen

Einrichtungen siehe Lepetit (58, 4). Die Extraktionsbrühen werden entweder direkt eingedampft oder abgekühlt, dann einem Reinigungsprozeß unterworfen und zuletzt im Vakuum behandelt. Zur Herstellung trockener Extrakte dampft man die Flüssigkeit bis auf 14 % Wassergehalt ein und fängt sie in Jutesäcken auf. Nach dem Erkalten wird der Rückstand ziemlich fest und brüchig. Gerbpulver werden in besonders konstruierten Vakuumtrockentrommeln hergestellt.

Lepetit (58) teilt mit, daß die Extraktausbeute von Eichen- und Kastanienholz je nach dem Klima, dem Alter der Bäume, der Lage der Wälder, dem Wassergehalt des Ausgangsmaterials zwischen 16 und 27 % des Holzgewichts schwankt. Auch der Gerbstoffgehalt soll von Gegend, Varietät der Pflanze, Bodenbeschaffenheit, Lage und Alter der Pflanze abhängig sein.

Zur Herstellung von Mimosen-, Maletto-, Fichten- und Weidenrindenextrakten bedarf es keiner besonderen Apparatur. Mimosenextrakte müssen, um sie dem Einfluß der Mikroorganismen zu entziehen, mit einem Antiseptikum versetzt werden.

Für die Auswahl des Gerbmittels ist seine Wirkung auf das zu behandelnde Leder maßgebend. Farbe, Geruch, Schmiegsamkeit und Säurebildung sind wesentlich von den Gerbmitteln abhängig und verlangen von dem Gerber eine auf Erfahrung beruhende geschickte Zusammenstellung der Gerbmittel [Paessler (83, 2)]. Von den Säuren, welche sich in den Gerbebrühen bilden, ist Essigsäure die wesentlichste. Sie bildet sich unter der Mitwirkung von Hefen und Bakterien aus den trauben- und rohrzuckerartigen Stoffen und den »löslichen Nichtgerbstoffen« [Andreasch (1)]. Namentlich Eichen- und Fichtenrindengerbstoffe sind reich an Säurebildnern, arm an solchen die Holzgerbemittel. Um die zersetzende Tätigkeit der Bakterien, Hefen- und Schimmelpilze in Gerbstoffauszügen und Gerbbrühen auszuschalten, wird zweckmäßig ein Kupferblech auf die Gerbstoffauszüge gelegt oder in die in Bewegung gehaltene Gerbbrühe eingetaucht [Lewine (60)].

Die Gärung der Eichenholzauszüge ruft ein Hefepilz hervor, welcher mit *Saccharomyces apiculatus* verwandt ist [Liebert (61)] und der nach dem Eindampfen des Extraktes beim Abkühlen aus der Luft hineingelangt. Für die Entwicklung dieses Hefepilzes sind Temperatur und Säuregehalt des Extraktes von Einfluß. Wird dieser durch Zusatz von $CaCO_3$ heruntergesetzt, dann beginnt die Gärung schon nach kurzer Zeit.

Sehr unerwünscht für die Technik des Gerbens sind oftmals gewisse Farbstoffe, welche mitunter einen sonst vorzüglichen Gerbstoff für einen bestimmten Zweck ungeeignet machen. Der Farbton der Gerbstoffe beruht vorwiegend auf der Dispersität [Grasser (27)]. Für die Anordnung der pflanzlichen Gerbstoffe nach Farbtönen ergibt sich von gelb über gelbbraun und rötlichbraun nach rot folgende Reihe: Gambir, Algarobilla, Sumach, Myrobalanen, Valonea, Knoppern, Eichenholz, Kastanie, Quebracho und Mangrove. In dieser Reihe nimmt die Dispersion und Löslichkeit der Gerbstoffe von Gambir bis Katechu deutlich zu. Gelbe und rote Farbe der Gerbstoffe deutet auf deren Bindung an Basen hin. Die für Gerbstoffe aufhellende Wirkung der Säuren ist auf eine Dispersionsverminderung durch Zusammenballen der kolloid gelösten Gerb- und Nichtgerbstoffteilchen zum größeren Molekülkomplex zurückzuführen.

Das von Blackadder (7) gefundene optische Verfahren zur Farbmessung von Gerbstofflösungen beruht darauf, daß an drei Stellen des Spektrums im grünen mit einer Wellenlänge von 500—550 $\mu\mu$, im gelben von 550—600 $\mu\mu$ und im roten von 600—700 $\mu\mu$, die Dicke der Lösung mit einem Eintauchkolorimeter gemessen wird. Die abgelesenen Zahlen lassen sich unter Anwendung des Absorptionsgesetzes in Prozenten ausdrücken. Die gewöhnlichen Gerbmaterialien, wie die von Eichen-, Tannen-, Fichten-, Hemlock-, Birken-, Weidenrinden, Sumach, Valonea werden selten verfälscht [Dammer (13)], dagegen die Gerbstoffauszüge häufiger durch Melasse und Bittersalz. Hochwertige Auszüge von Quebracho streckt man gern mit geringwertigeren von Mangroven und Myrobalanen. Gereinigte Abfallaugen der Sulfitzellstoffgewinnung (Sulfitabfallauge, Sulfitzellulose-Extrakt, Zellstoffauszug), welche eigentlich nur zum Nachgerben ge-

braucht werden, dienen als Streckungsmittel [Paessler (83, 6)]. Geeignete Angaben über Gerbstoffprüfung und Nachweis von Verfälschungen geben Procter (88), Stiasny (107) und Lauffmann (57).

Zwecks Bewertung von Gerbstoffen werden diese aus ihren Lösungen durch Blutkörperchen unter Agglutination niedergeschlagen [Kobert (51)]. Durch diese Methode wird die geringste Menge Gerbstoff bestimmt, welche aus den durch Kochsalz isotonisch gemachten Lösungen ausgefällt wird.

Durch Zusatz von Säureharzen, wie Asphalt, Mineralwachs usw. wurden pflanzliche Gerbstofflösungen aufgehellt und löslich gemacht. So gehen selbst die sonst unlöslichen Bestandteile des Quebrachoextraktes in Lösung und der Extrakt selbst verliert seine dunkelrote Farbe [Renner (89)].

IV. Statistik.

Während früher fast ausschließlich in Deutschland mit Eichen- oder Fichtenrinde gegerbt wurde, hat man seit Ende des vorigen Jahrhunderts auch gerbstoffreichere ausländische Gerbmittel herangezogen, teils um auf dem Leder besondere Wirkungen zu erzielen, teils um dem immer mehr steigenden Bedarf gerecht zu werden. So betrug die Einfuhr von Maletto-, Mimosen-, Mangroven- und anderen Gerbrinden außer Eichen- und Nadelholzrinden im Jahre 1913: 43 336 t. Als wichtigstes Ausfuhrland galt Britisch-Südafrika. Während des Krieges führte Deutschland keine Gerbstoffe ein. Nach dem Kriege stieg die Einfuhr langsam, betrug 1920: 6688 t und erreichte 1922 mit 43 196 t fast den Friedensstand. Die Ausfuhr aus Deutschland war immer relativ gering wegen des starken Eigenverbrauches. Sie betrug 1913: 3595 t, 1920: 96 t und 1922: 207 t. Die Einfuhr an Quebracho- und anderem Gerbholz in Blöcken betrug 1913: 112 284 t, 1920: 18 549 t und 1922: 39 401 t, die Einfuhr an Gerbstoffen wie Katechu und Kino (außer Gerbholz und Rinden) 1913: 43 969 t, 1920: 9 604 t und 1922: 29 396 t (106). Die Statistik zeigt, daß Deutschland nicht mehr als ein Siebentel bis höchstens ein Sechstel seines Gerbstoffbedarfs durch eigene Erzeugung decken kann. Eingeführt werden namentlich aus den tropischen Ländern Gerbmaterialien, welche bei höherem Gerbstoffgehalt wesentlich niedriger im Preise stehen. Der durchschnittliche Preis von 100 kg Gerbstoff in verwendungsfertigem Zustand betrug nach Paessler (83, 5) für

Eichenrinde	M	10.50
Fichtenrinde	„	6.50
Mimosenrinde	„	18.—
Mangrovenrinde	„	14.—
Malettorinde	„	23.—
Valonea	„	20.—
Trillo	„	21.—
Myrobalanen	„	17.—
Myrobalanen (entkernt)	„	23.—
Dividivi	„	25.—
Quebrachoholz	„	13.50
Sumach	„	20.—

Der Wert der in Deutschland eingeführten Gerbstoffe abzüglich des Ausfuhrertrages betrug im Jahre 1913 für 283 500 t = M 37 232 000.—.

B. Besonderer Teil.

I. Aufzählung, systematische Gliederung, pflanzengeographische Verbreitung usw. der wichtigsten Gerbstoffpflanzen.

1. Polypodiaceae.

Aspidium marginale Sw. Nordamerika. Dragendorff (16, S. 55). *A. rigidum* Sw. Mexiko.

Polypodium vulgare L. Europa, Asien, Nordamerika und Nordafrika.

P. lycopodioides L. Mexiko. Als Adstringens offizinell.

2. Osmundaceae.

Osmunda regalis L. Deutschland. Enthält reichlich Gerbstoff. Dragendorff (16, S. 60).

3. Taxaceae.

Podocarpus elongata L.'Hérit und *P. Thunbergii* Hook. Kap. »Yellow-wood«. Bernardin (131).

Phyllocladus asplenifolia Hook. Tasmanien.
Ph. trichomanoides Don. Neuseeland.
Ph. rhomboidalis Rich. Neuseeland und Australien.
} Rinden.

Ph. asplenifolia Hook. Tasmanien »Toa-Toa«, »Takeha«, »Tamha Kibork« enthalten bis 28,6% Tannin, aber auch viel roten Farbstoff. Dragendorff (16), Rosenthal (130), Bernardin (131) und (132), (133).

4. Pinaceae.

Pinus pinaster Sol. Mittelmeergebiet
P. halepensis Mill. Griechenland, Kleinasien
} Rinde gerbstoffreich.

P. taeda L. Virginien, Kanada (125), Neubrand (77) und (124).

Picea excelsa Lk. Europa, Nordasien. Die Rinde wird als Adstringens und zum Färben verwandt.

Tsuga canadensis Carr. Nordamerika. »Schierlings- oder Hemlocktanne«, »Pruche«, »Hemlock-Spruce«, liefert in ihrer Heimat gerbstoffreiche Rinde. Bancroft (122 b).

Pseudotsuga Douglasi Carr. Nordamerika. Rinde wird neuerdings zur Gerbstoffgewinnung verwandt.

Larix europaea DC. Europa. Rinde enthält Gerbstoff. Gayer (123), Neubrand (77).

Juniperus communis L. Eurasien. Dient in Rußland zum Gerben. Bautsch (126), Wehrs (127) und (128), (129).

5. Palmae.

Cocos nucifera L. Die äußeren rindenartigen Stammteile werden in Indien zum Gerben verwandt. Miquel (134).

Sabal palmetto Lodd. Mexiko bis Florida. Wurzel adstringierend. Dragendorff (16).

S. serrulatum R. et Sch. Florida und Arizona (Nordamerika). Der ganze Stamm wird zum Gerben gebraucht. Von den Gerbern »Palmetto« genannt (135).

Serenaca serrulata Benth. et Hook. Von Florida an südwärts bis Mexiko. Blätter sehr gerbstoffreich. Dragendorff (16).

Areca catechu L. Malaiischer Archipel. In Ostindien und auf den Philippinen kultiviert. »Arekanüsse«, »Betelnüsse«. Früchte und Samen werden ihres Farb- und Gerbstoffes wegen zum Baumwollfärben und zur Tintenbereitung benutzt. Tschirch (230).

6. Iridaceae.

Iris versicolor L. Nordamerika. Dragendorff (16).

Iris pseudacorus L. Deutschland »Wasserschwertel«. Der Wurzelstock (*Radix Acori vulgaris s. palustris*) wurde als Gerbmaterial und zur Tintenbereitung benutzt. Böhmer (147), Duchesne (137).

7. Zingiberaceae.

Cerathanthera Beaumetzi C. Huk. Trop. Westafrika. Dragendorff (16).

Ammomum latifolium Afz. Sierra Leone. Rhizom und Blätter werden als Adstringens verwandt. Dragendorff (16).

Costus cylindricus Jacq., Brasilien
C. niveo-purpureus Jacq., Martinique
C. villosissimus Jacq., St. Vincent
} Gerbstoff im Fruchtsaft

8. Casuarinaceae.

Casuarina equisetifolia L. fil. Neuseeland, Neusüdwales, Indien, Bengalen, Réunion. Auf Réunion: »Ecosce de Filao«. Enthält 18,3% Tannin (136).

C. stricta Ait. Vandiemensland, desgl.

C. muricata Roxb. Dient zum Gerben (124, 136).

C. quadrivalvis Labill. Tasmanien. Dient zum Gerben. Bernardin (131). Auch noch andere Casuarinarinden werden in verschiedenen Ländern zum Gerben benutzt.

9. Juglandaceae.

Der Name Juglans ist aus *Jovis glans* (d. h. Jupiters Eichel) zusammengezogen. Schon Dioscorides und Plinius gaben hauptsächlich die Fruchtschalen als Gerbmittel an. In Deutschland wurde *Juglans* von Karl dem Großen eingeführt. Als Gerbmittel werden die unpaarig gefiederten Blätter zweckmäßig Anfang Juni, wenn sie noch nicht ganz ausgewachsen sind, gesammelt. Charakteristisch für die Blätter sind kleine, in den Achseln der Sekundärnerven unter-

seits stehende Haarbüschel, ferner auf der Unterseite der Blätter kurzgestielte, in der Epidermis etwas eingesenkte Drüsenköpfchen und Schilddrüsen. Die Blätter erscheinen oft »drüsig« punktiert als Folge von großen Kalziumoxalatdrüsen, welche einzelne Zellen der oberen Epidermis ganz ausfüllen. In der Medizin werden die Blätter als Adstringens verwandt.

Juglans regia L. Vom südlichen Ungarn und Griechenland bis nach Persien, Himalaja und bis Zentral-China heimisch. In der Lombardei als Gerbmaterial benutzt. Bernardin (131).

J. cinerea L., im atlantischen Nordamerika.

J. nigra L., desgleichen.

J. mandschurica Max., in Ostasien.

Engelhardtia Roxburghiana Lindley, Java, Molukken »Söwalibaum«. Rosenthal (130), Dragendorff (16).

10. Myricaceae.

Umfaßt nur eine Gattung mit etwa 30 Arten, die alle mehr oder weniger Gerbstoff enthalten.

Myrica nagi Thunb., Nepal, China, Japan, Indien. Rinde enthält 13,77% Tannin, vielleicht auch kinoartige Substanz. Dragendorff (16).

M. gale L. Europa und Nordamerika. Rinde und Zweige dienen zum Gerben. Duchesne (137).

M. halapensis Kth. Mexiko.

M. faya Ait., Azoren.

M. asplenifolia Bl., Nordamerika.

11. Salicaceae.

Die Rinden der meisten Arten, die vorwiegend der nördlich gemäßigten Zone angehören, enthalten Gerbstoff.

Salix fragilis L. Europa.

S. alba L. Europa. 3—4% Gerbstoff in der Rinde.

S. pentandra L. Europa, Asien.

S. caprea L. Europa.

S. purpurea L. Europa.

S. viminalis L. Europa.

S. rubra Huds. Europa.

S. cinerea L. Osteuropa.

S. arenaria L. Im Astrachanischen benutzt. Pallas (140).

S. helix L. Europa.

Rinden vornehmlich in Rußland zum Gerben verwendet. Wiesner (120).

S. acuminata L. Europa.
S. viminalis L. Europa.
S. babylonica L. Europa.
S. nigra W. Europa.
S. Russeliana Sm. (= *S. fragilis* L.). Europa.
S. daphnoidea L. Europa.
S. amygdalina L. Europa.
S. Humboldtiana Willd. 3,6% Gerbstoff.
S. incana Schr. Europa.
S. conifera Mühlb. Nordamerika.
S. eriocephala Michx. Nordamerika.

} Gerbrinden. Rosenthal (130), Duchesne (137).

Schon Theophrast kannte mehrere Salix-Arten, ebenso Dioscorides. Letzterem war die medizinische Wirkung bereits bekannt.

Populus canadensis Michx. Die Rinde war 1878 in Paris von Holland nebst damit gegerbtem Leder ausgestellt. Enthält nur 2% Gerbstoff. Eitner (19).

P. tremula L. Die Rinde soll ebensogut wie Weidenrinde sein. In Rußland für sich oder mit Birkenrinde zur Fabrikation von »Goudron« verwandt. Rosenthal (130), Werekha (139), Bernardin (131).

P. nigra L. Bernardin (131).

P. pyramidalis Roz. Hie und da als Gerbmittel verwandt. Enthält 3% Gerbstoff. Alle Pappeln scheinen eine gute Lohe zum Schwellen der Häute zu liefern. Neubrand (77), Wehrs (127).

12. Fagaceae.

Wohl alle der gegen 400 Baumarten sind durch reichlichen Gehalt an Gerbsäure besonders in Rinde, Holz und Früchten ausgezeichnet.

Fagus Menziesii Hook. Neuseeland. Rinde gerbstoffreich. Dragendorff (16, S. 164).

F. silvatica L. Europa. Selten benutzt. Rinde enthält 3—4% Gerbstoff. Bernardin (131), Duchesne (137), Wagner (143), Czapek (144).

Castanopsis chrysophylla Hook. Nordamerika, Kalifornien. Rinde enthält 19% Tannin. Teils strauchig, teils baumartig (145, 146).

Castanea vesca Gärtn. (= *C. vulgaris* Lam. = *C. sativa* Mill.). Südeuropa, Nord-

amerika. Die Rinde dient zum Gerben und Färben. Neubrand (77). Nach Bernardin (131) wird in Frankreich das Holz auch zum Gerben verwandt; s. auch Duchesne (137). Die Rinde hat etwa den Wert der Eichenrinde. In Frankreich wird aus dem Holze in ansehnlichen Mengen ein Gerbstoffextrakt bereitet und verbraucht. Das Holz enthält 7—8% Gerbstoff, wahrscheinlich Gallusgerbsäure. In Österreich-Ungarn wird die in Südtirol, Unterkrain usw. in größerer Menge vorkommende Edelkastanie zu Gerbzwecken fast gar nicht verwandt. Es würde sich in den genannten Gegenden die Erzeugung von Kastanienholzextrakt nach Wessely (142) um so sicherer lohnen, als das Holz dort noch sehr wohlfeil ist und meist nur als Brennholz verwandt wird. Es stand 1880 in der Tat eine Wiener Firma (Gerhardus & Flesch) im Begriffe, in Kroatoslawonien und Krain Kastanienholzextrakt zu erzeugen. Nach Bestimmungen von W. Eitner enthält das Kastanienholzextrakt 52% Gerbstoff. Es stellt eine harte, undurchsichtige, schwarze, stark glänzende Masse dar. Die stachelige Kupula enthält nach Eitner 11,64% Gerbstoff.

Quercus sessiliflora Sm.
Qu. pedunculata Ehrh.
Qu. cerris L.
Qu. pubescens Willd. Weißeiche.
} Siehe Mitteleuropäische Eichenrinden.

Qu. coccifera L. Scharlacheiche. Die Stammrinde derselben wurde früher in Frankreich viel stärker als heute zum Gerben verwandt. Heute ist die als »Garouille« bekannte Wurzelrinde wichtiger. Böhmer (147). S. Südeuropäische Eichenrinden.

Qu. castanea Willd. Soll in Amerika zum Gerben verwendet werden. Henkel (148).

Qu. ilex L. Wärmeres Europa. »Chêne yeuse« oder »verte« genannt. Die Rinde dieses Baumes scheint früher häufiger als jetzt zum Gerben verwandt worden zu sein. Böhmer (147), Duchesne (137), Wessely (149). Nach Kotschy (53) soll diese Eiche unter Umständen Kork liefern.

Qu. occidentalis Gay. (= *Qu. suber* L. var. latifolia Duham) und

Qu. suber L. Beide liefern nebst dem Bouteillenkork ein wertvolles Gerbmaterial. Henkel (148), Wessely (149).

Qu. pseudosuber Santi. Besitzt unter den Gerbmaterial liefernden Eichen Algiers eine besonders dicke und gerbstoffreiche Rinde (124).

Qu. rubra L. »Common red oak« genannt. Nordamerika.

Qu. coccinea Wangenh. var. nigrescens DC. »Black oak« in Nordamerika.

Qu. coccinea Wangenh. »Skarlet oak«.

Qu. alba L. »White oak«.

Qu. falcata Mchx. »Spanish oak«. Siehe Nordamerikanische Eichenrinden.

Qu. virens H. Kew. (= *Qu. Phellos* L.). Nordamerika. Duchesne (137).

Qu. tinctoria W. (= *Qu. nigra* L. = *Qu. citrina* Bancroft). »Black oak«. Liefert das »Querzitron« und dient in den Vereinigten Staaten zum Gerben.

Qu. nigra L. var. digitata Marsh.
Qu. valonea Kotschy
Qu. macrolepis Kotschy } siehe »Valonen«.

Qu. nigra L. var. trifida Marsh.

Qu. aquatica Catesb. (Querzitronrinde.) Duchesne (137) und

Qu. cinerea Mchx. Alle vier liefern geringere Sorten von Querzitron und dienen in Nordamerika zum Gerben (150).

Qu. prinus L. var. acuminata DC. »White Chestnut oak«.

Qu. prinus L. var. monticula. »Rook-Chestnut oak«. Nordamerika (150).

Qu. bicolor W. Nordamerika.

Qu. montana W. Nordamerika.

Qu. lyrata Walt. (= *Qu. lobata* Nees.). Nordamerika. Rosenthal (130), Dragendorff (16).

Qu. infectoria Oliv. In Indien. Bernardin (131), desgleichen in Japan und in Cochinchina werden einige Eichenarten zum Gerben verwandt. In Cochinchina unter dem Namen »Cay dé«.

Auf Java werden als Gerbmaterialien benutzt:

Qu. javensis Miqu., »Passang-batoe« genannt;

Qu. pruinosa Blume, »Passang-mienjak« genannt;

Qu. inducta Blume, »Passang«. Nach Bernardin (151).

Qu. Mirbeckii Durr. In Algier »Chêne Zéen« genannt (124).

Qu. tozae Gill. v. Seckendorff (102).

13. Betulaceae.

Ostrya carpinifolia Scop. Süd- und Osteuropa.

O. virginia Willd. Nordamerika. — Die gerbstoffreichen Rinden enthalten bis 6,5 % Tannin.

Corylus avellana L. Europa, Nordasien, Japan. 3% Gerbstoff. Bernardin (131).

Betula alba L. Europa und Asien. Liefert namentlich in Skandinavien Rinde zu Gerbereizwecken.

B. excelsa Ait. Nordamerika. Rinde gerbstoffhaltig.

Alnus maritima Nutt. (*A. japonica* S. et Z.). Ostasien; Atlant. Nordamerika. Die Fruchtkätzchen dienen als Gerbmaterial.

Al. glutinosa L. Europa. Rinde soll 16—17 % Gerbstoff enthalten. Das mit dieser Rinde gegerbte Leder ist rot, hart und spröde. In Ungarn, Italien und Spanien wird die Rinde zum Gerben verwandt. Th. Hartig (141), Bernardin (131), Neubrand (77).

Al. viridis DC. Europa. Rinden und Zapfen sind reich an Gerbstoff. Duchesne (137), Dragendorff (16, S. 169).

Al. incana Willd. Europa. Rinde reich an Gerbstoff. Fruchtstände dienen in Rumänien als Gerbmaterial und enthalten nach Eitner 17,5 % Gerbsäure, nach Klemp (231) nur 12,3—15,59 % Gerbsäure, die der Sumachgerbsäure nahesteht.

Al. glauca Michx. Nordamerika. Duchesne (137).

Al. cordifolia Ten. In Italien benutzt.

14. Ulmaceae.

Ulmus campestris L. Europa. In England zum Schwellen der Häute benutzt. 3 % Gerbstoff, der mit Eichenrindengerbstoff identisch sein soll. Wehrs (127), Bernardin (131).

U. effusa Willd. Europa;

U. fulva Michx., Nordamerika;

U. americana L. Nordamerika.

Die innere Rinde ist reich an Gerbstoffen. Dragendorff (16).

Celtis obliqua Moench. Nordamerika und Zentralamerika. »Micocoulier des Antilles«.

C. aculeata Schwartz. Brasilien. Rinde adstringierend. Duchesne (137).

C. madagascarinensis Boj. Réunion. Rinde wird zum Gerben und Färben benutzt. (136).

15. Moraceae.

Ficus gibbosa Bl. Molukken und Philippinen. Die Rinde enthält Tannin. Dragendorff (16).

F. glomerata Roxb. Rinde und galläpfelartige Auswüchse werden als Adstringens gebraucht.

F. infectoria Roxb. Bengalen. Die Frucht wirkt adstringierend.

Brosimum speciosum. Venezuela. »Gateadorinde«. Rinde enthält 12,6 % Tannin. Dragendorff (16) und (150).

Cecropia peltata L. »Kanonenbaum«. Westindien und Südamerika. Rinde adstringierend.

C. adenopus Mart. Brasilien. Früchte enthalten Gerbstoff.

C. hololeuca Miq. Brasilien. Rinde enthält Gallus und Gerbsäure.

C. palmata W.
C. concolor W.
C. ambaiba Adanson.

} Brasilien. Gerbrinden. Rosenthal (130).

Artocarpus lacucha Roxb. Ostindien. Rinde adstringierend.

A. integrifolia L. fil. Indien. Rinde »Ecorce du jacquier«, in Indien zum Gerben und Färben verwandt (136).

16. Urticaceae.

Colpoon compressum Berg. Südafrika »Kaysumach«. Die eiförmigen, starren, ziemlich dicken Blätter enthalten bis 23 % Gerbstoff und werden als Gerbmaterial eingeführt. Netolitzky (218).

Humulus lupulus L. Osteuropa. Die ganze Pflanze enthält neben ätherischem Öl unter anderm auch Gerbstoff.

17. Proteaceae.

Protea grandiflora Thunberg. Kap. »Waagenboom« genannt. Gerberrinde.

P. mellifera Thunberg (*Banksia serrata* L. fil.). Kap, Neuholland. Enthält nach Maiden (65) 23 % Katechugerbsäure. Dragendorff (16). Enthält auch Hydrochinon und Dimethylprotokatechusäure. Hesse (152).

P. speciosa L. Am Kap zum Gerben. Duchesne (137), Böhmer (147) und (153).

Leucospermum conocarpum R. Br.

Leucadendron argenteum R. Br. Kap.

Über die Rinde dieser fünf Spez. siehe »Geringwertigere Gerbrinden«.

Leucospermum conocarpum R. Br. Kap. Rinde als Adstringens.

Protea mellifera Thbg. Kap, Neuholland. Rinde enthält 23 % Katechu-Gerbstoff.

Lomatia obliqua R. Br. Chile. Mit adstringierender Rinde.

18. Polygonaceae.

Rheum spec. Alle Spezies der Gattung Rheum enthalten unter anderm auch Gerbstoff und finden außer als Medikament auch technische Verwendungen.

Rumex acutus L. Wurzel enthält Gerbstoff. Dragendorff (16).

R. hymenosepalus Torr. Texas, Kalifornien, Mexiko. Liefert die »Canaigre-Wurzel«, »Raiz del Indio«, mit 17—23 % Gerbstoff, der vom Tannin und Catechin verschieden, vielleicht Rheumgerbstoff ist. Dragendorff (16).

R. aquaticus L. Europa und Nordamerika
R. Decandollei Nees. } Beide haben adstringierende Wurzeln.

R. vesicarius L. Afrika, Ostindien. Wurzel, Kraut und Frucht sind als Adstringens in Gebrauch.

R. nepalensis Spreng. Indien. Wurzel als Adstringens usw. Fast alle Rumex-Arten enthalten in ihren Wurzeln reichlich Gerbstoffe.

Coccoloba uvifera L. Westindien, Südamerika »Uva de Player«. Aus der gerbstoffreichen Rinde wird das »Occidentalische Kino«, »Jamaika-Kino« oder »Kino americanum« hergestellt. Wurzel gleichfalls adstringierend.

Polygonum amphibium L. Nordamerika. Die 22 % Gerbstoff enthaltenden unterirdischen Teile werden zum Gerben benutzt. Bernardin (151).

P. bistorta L. »Natterwurz«. Europa. Das Rhizom enthält 15 % Gerbstoff ähnlich der »Tormentilla«. Böhmer (147), Geiger (213).

P. aviculare L. »Herba polygoni« wurde schon von Dioskorides erwähnt und von den Römern Sanguinaria genannt. Die Pflanze ist ein typischer Kulturbegleiter des Menschen und wurde wegen ihres Gerbstoffgehaltes früher sehr oft als Wundkraut benutzt.

P. serratum L. Réunion. Als Adstringens verwendet. Dragendorff (16).

19. Nymphaeaceae.

Nelumbium speciosum Willd. Mittel- und Südasien. Die Blüte wird als Adstringens benutzt. Dragendorff (16, S. 210).

Nuphar luteum Sibth. et Sm. Europa, Mittelasien. Wurzelstöcke und Blüten werden als Adstringens benutzt.

Nymphaea odorata Ait. Nordamerika. Der Wurzelstock enthält Gerbstoff.

N. alba L. Europa, desgleichen.

20. Berberidaceae.

Berberis vulgaris L. Europa. »Berberitze«, »Sauerdorn«;

B. aristata DC. (*B. tinctoria* Lesch.). Indien;

B. asiatica Roxb. Indien, Ostasien;

B. lycium Roxb. Indien;

B. nepalensis Spreng. Asien, Nepal;

B. (Mahonia) *aquifolium* Pursh. Nordamerika;

B. nervosa Pursh. Nordamerika;

B. repens Lindl. Nordamerika.

Werden außer zu medizinischen Zwecken auch zum Gerben und Gelbfärben verwandt.

21. Magnoliaceae.

Talauma ovata St. Hil. Brasilien. Die als Tee benutzten Blätter enthalten Gerbsäure.

Michelia nilagirica Zenker. Indien. Rinde enthält Gerbstoff.

Liriodendron tulipifera L. »Tulpenbaum«. Nordamerika. Rinde enthält Gerbstoff. Rosenthal (130), Lloyd (154).

Drimys Winteri Forst. Südamerika. »Cortex Winteranus«; spielte wegen des Gerbstoffgehaltes eine Zeitlang als Antiskorbutikum eine große Rolle. Als solches wurde sie 1578 in der Magellan-Straße von der Mannschaft des Kapitäns Winter benutzt. Nach Henkel (1862) soll die Rinde seit Jahrhunderten nicht mehr nach Europa gekommen sein. Große Bedeutung hat sie nie erlangt.

22. Monimiaceae.

Peumus boldus Baill. Chile. »Bolda«
P. albus Mol. Chile
P. rubus Mol. Chile
P. ramosus Mol. Chile.
} Rinde reich an Gerbstoff. In Chile zum Gerben verwendet. Duchesne (137).

Citrosma oligandra Tul. Brasilien. Blätter enthalten Gerbsäure.

23. Anonaceae.

Anona muricata L. Mittelamerika, Brasilien. Rinde und unreife Früchte werden als Adstringentien benutzt.

Bocagea Dalzellii Hook. Travancore. Rinde enthält Gerbsäure.

Rollinia salicifolia Schlecht. Brasilien, Kap. Rinde als Adstringens gebraucht. Dragendorff (16).

24. Myristicaceae.

Myristica malabarica Lam. Malabar. In Vorderindien wird aus der Rinde eine Art Katechu oder Kino gewonnen. Dragendorff (16).

M. succedanea Scheinw. Timor, desgl.

25. Calycanthaceae.

Calycanthus floridus L. Karolina. Wurzel und Rinde enthalten Gerbstoff.

26. Lauraceae.

Cinnamomum ceylanicum Nees. Ceylon. Rinde sehr gerbstoffreich.

Persea gratissima Gärtn. Brasilien, Mexiko. Gerbstoff in der Fruchtschale. Dragendorff (16).

P. lingue Nees, Chile, und

P. Meyeniana Nees, Chile; enthalten Gerbstoff und werden zur Herstellung des »Valdivia-Leders« verwandt. Die Rinde von *P. lingue* Nees wird »Cascara de lingue« genannt, sie enthält 24,5 % Tannin. Rosenthal (130).

Nectandra sp. Britisch-Guayana. Liefert die zum Gerben benutzte Rinde »Jellow silverballibark« oder »Siruaballibark» (155).

Laurus peumo Domb. Chile. In Chile zum Gerben benutzt. Bernardin (151).

27. Saxifragaceae.

In den Rinden vieler strauch- und baumförmigen Saxifragen, sowie in den Wurzeln vieler krautiger Arten finden sich Gallussäure und Gerbstoffe. Viele von ihnen werden in der Volks- und Zunft-Medizin von alters her verwandt. Dragendorff (16).

Bergenia crassifolia (L.). Engl. Sibirien. Wurzel sehr gerbstoffreich.

Gerbrinden liefern:

Weimannia glabra L. fil.

W. macrostachys DC.

W. Balbisiana H. et B. Peru. Rosenthal (130).

W. ovata Cav. Peru.

W. elliptica H. B. K. Südamerika.

W. hirta Sw. Antillen.

W. racemosa L. Neuseeland »tawheri« oder »towai« genannt; enthält 13 % Gerbstoff. Bernardin (131).

28. Cunoniaceae.

Von dieser Familie sind namentlich die in Südamerika heimische Gattung *Weinmannia* und die australische Gattung *Ceratopetalum* durch reichen Gerbstoffgehalt ausgezeichnet. Die Rinde von *Weinmannia tinctoria* wird als Adstringens und Gerbmaterial benutzt. (Curtidor und Taurouge). Mit ihr wird Chinarinde verfälscht. Dragendorff (16). Die Rinde von *Ceratopetalum gummiferum* Sm. und *Cer. apetalum* Don. (Australien) enthält ein kinoartiges Gummi mit bis 50 % Tannin.

29. Hamamelidaceae.

Namentlich die Rinden der Hamamelis-Arten enthalten viel Tannin und Gallussäure.

Hamamelis virginiana L. Nordamerika. Die offizinelle Pflanze ist unserem Haselstrauch in mancher Beziehung morphologisch ähnlich und wird darum »Hexenhasel« genannt. Die Indianer verwandten schon die Blätter als Wundheilmittel. Sie enthalten 8 % Gerbstoff und werden in der Medizin als adstringierendes Mittel gebraucht. Zörnig (122a, 1). Auch die schon 1736 in Europa eingeführte Rinde, welche ebenfalls Gerbstoff enthält, findet für den gleichen Zweck Verwendung (122a, 2). Die Blätter enthalten im Herbst mehr Gerbstoff als im Frühjahr. Sie sind durch Astro- und Osteo-Sklereiden ausgezeichnet und tragen derbwandige Büschelhaare an den Domatien (111, 2).

30. Rosaceae.

Unter den Rosoideen und Pomoideen finden sich viele Arten, deren Wurzeln, Rhizome und Rinden gerbstoffreich sind. Besonders die Gattung Mespilus zeichnet sich durch Gerbstoffgehalt aus.

Crataegus oxyacantha L. Als Gerbmittel verwendet, z. B. in Algier (124).

Potentilla tormentilla Schrk. »Blutwurz«. Europa. Die Wurzel enthält 17,4 % Tormentillgerbstoff und Tormentillrot. Dragendorff (16).

P. canadensis L. Kanada. Enthält die gleichen Bestandteile wie unsere Tormentillwurzel. Dragendorff (16).

Sorbus aucuparia L.

S. domestica L. Die Rinde beider Bäume ist ein vorzügliches Gerbmaterial, das durchschnittlich gerbstoffreicher als Eichenrinde ist. Das Leder soll damit eine schöne braune Färbung erhalten. Wehrs (127).

Acaena-Arten. »Cepa caballo«. Sie enthalten in ihrer Rinde viel Gerbstoff.

Geum urbanum L. und *G. rivale* L.; beide in Europa heimisch. Die Wurzelstücke enthalten bis 30 % Gerbstoff und werden in der Medizin verwandt. Dragendorff (16), Duchesne (137).

Sanguisorba minor Scop. (*Poterium sanguisorba* L.). Deutschland. »Nagelkraut«. Gerbstoffreiche Wurzel. Böhmer (147).

Purshia tridentata DC. Neu-Mexiko und Arizona. Früchte und Samen enthalten 12 % Gerbstoff. Dragendorff (16).

Ulmaria palustris Moench. (*Spiraea ulmaria* L., *Ulmaria pentapetala* Gilib.). Deutschland »Spierstaude«. Der Wurzelstock kann wegen seines Gerbstoffgehaltes zum Gerben benutzt werden.

Rubus-Arten werden in großer Zahl als Adstringentien wegen ihres Gerbsäuregehaltes verwandt.

Prunus persica Sieb. et Zucc. Persien und Nordchina. Rinde enthält Gerbstoffe.

Pr. spinosa L. Die Rinde dient hie und da zum Gerben; sie enthält 3 % Gerbstoff. Duchesne (137), Bernardin (151).

Quillaja saponaria Mol. (= *Qu. smegadermos* DC.). Siehe Quillajarinde.

Spiraea ulmaria L. Europa. Die Blätter werden in Island zum Gerben und Schwarzfärben benutzt. Wiesner (120).

31. Leguminosae.

Mimosoideae.

Pithecolobium avaremotemo Mart. Brasilien. Die Rinde enthält Gerbstoff und wird medizinisch verwandt.

P. parvifolium Benth. Liefert die an Gerbstoff reichen Früchte, welche als »Algarobillo« in den Handel kommen.

Albizzia lebbek Benth. Trop. Afrika und Asien. Die technisch zum Gerben benutzte Rinde enthält viel Tannin.

A. odoratissima Benth. Liefert ein katechuartiges Extrakt.

A. lophantha Benth. (*Acacia lophantha* Willd.). Südwestaustralien. In der Wurzel 8 % Gerbstoff. Bernardin (151).

Calliandra grandiflora Benth. und *Cal. Honstoni* Benth. Die Wurzeln beider Arten sind reich an Gerbstoff, der sich an der Luft rötet.

Acacia catechu Willd. Vorder- und Hinterindien. »Burma-Pegu«, auch »Bombay Katechu«.

(Der Name »Katechu« ist indischen Ursprungs und bedeutet »Baumsaft«.)

Ac. catechu Willd. ist ein bis 20 m hoch werdender Baum mit etwa 2 m umfassender Krone. Die Zweige tragen Nebenblattdornen. Der Stamm hat dunkelbraune Rinde, hellen, etwa 2 cm dicken Splint und rotbraunes Kernholz. Von den paarig doppelt gefiederten Blättern trägt jede Fieder 40 Paar linealische, am Grunde etwas schiefe, gewimperte Blättchen. Die Blattspindel trägt zwei fleischige Drüsen, eine in der Mitte des Blattstieles, die zweite zwischen dem dritten bis sechsten Fiederpaare. Der Baum ist in Hinterindien, Britisch-Burma, Vorderindien und auf Ceylon heimisch. Im westlichen und zentralen Himalaja steigt er bis 1500 m hinauf.

Die durch weiße Rinde, stärkere Dornen und reicher gefiederte Blätter von der vorigen Art unterschiedene *A. suma* Krz. wächst in Bengalen, Mysore Gujarat und auch im östlichen tropischen Afrika.

Ac. mudra DC. Der »rote Katechubaum«. Er hat seine Heimat ebenfalls in Bengalen.

Pegu liefert die Hauptmenge an Katechu, jährlich werden 330 000 Bäume gefällt. Gewonnen wird das Katechu durch Auskochen des Kernholzes. Der Extrakt

enthält stets Reste des Holzkörpers, besonders Fragmente der Gefäße, der Markstrahlen usw.

Als Verfälschungsmittel dienen Rindenextrakte von *Terminalia, Lagerstroemia-* und *Terminalia*-Arten.

Das Katechu wurde schon in den heiligen Schriften der Inder erwähnt. Seit Mitte des 17. Jahrhunderts wird es in Europa medizinisch verwandt. Tschirch (111, 3). (Näheres über »Katechu« siehe im »Besonderen Teil« unter Katechu.)

Ac. vera Willd. (*Ac. arabica* Willd.). Arabien, Ägypten. Von dieser und von verwandten Arten werden die Hülsen unter dem Namen »Bablahhülsen« zum Gerben und Färben, die Rinden als Adstringens in den Handel gebracht. Dragendorff (16). Der Gerbstoffgehalt beträgt 17—20 % bzw. 32 %.

Ac. arabica L. (= *Ac. nilotica* Delil. = *Mimosa arabica* Lam.). Liefert auch »Bablah«. Duchesne (136 u. 137), ferner die folgenden Gerbrinden:

Ac. ferruginea Rottl. Indien. Duchesne (137).

Ac. dealbata Link. Tasmanien. »Silwer Wattle« (155), Der Gerber (150).

Ac. decurrens Willd. Neusüdwales. »Black Wattle«. Rinde enthält 28—41 % Gerbstoff. (155).

Ac. horrida Willd. Kap. Gerbrinde (155).

Ac. lasiophylla Willd. Queensland. (155). In Algier kultiviert. (20—24 % Gerbstoff in der Rinde.)

Ac. lebbek Willd. Réunion. (136).

Ac. melanoxylon R.Br. Südaustralien. Tasmanien. »Blackwood«. Bernardin (151).

Ac. mollissima Willd. Viktoria. »Wattle« genannt. Der Gerber (150).

Ac. pycnantha Benth. Australien, in Algier kultiviert. 40—50 % Gerbstoff in der Rinde. (156).

Ac. Adansoni G. et P. Am Senegal »Gonakie« genannt. Früchte enthalten Gerbstoff.

Ac. cochlocarpa? Brasilien. Bernardin (151).

Ac. Cunninghami? Queensland. Ist vielleicht identisch mit *Ac. mollissima* W. Kommt auch als »Blackwattle« vor. 9 % Gerbstoff in der Rinde. Bernardin (151).

Ac. Farnesiana W. Indien, Java. »Nagasaria« genannt. Wurzel zum Gerben gebraucht. Bernardin (136 u. 151).

Ac. harpophylla Müller. Südqueensland. Sehr reich an Gerbstoff. Der Gerber (150).

Ac. saligna Wendld. Südwestaustralien. Der Gerber (150).

Ac. leucophlaea W. Indien, Java. Hier »Pilang« genannt, Rinde und Früchte zum Gerben verwandt. Bernardin (136 u. 151). Rinde mit über 20 % Tannin. Hahn (157).

Ac. suma Krz. Lieferte im ehem. Deutsch-Ostafrika Gerbrinde. W. Busse (158).

Ac. Brosigii und

Ac. usambarensis lieferten im ehem. Deutsch-Ostafrika wertvolle Gerbrinden. W. Busse (158).

Ac. cebil Griseb. liefert in Südamerika die rote »Cebilrinde« mit 9—15 % Tannin. Dragendorff (16).

Ac. nilotica Del. Ostafrika. Wertvolle Gerbrinde. »Bablah«, »Neb-Neb«, »Garrat«. A. Engler (162).

Ac. seyal Del. Ostafrika. »Bablah«. A. Engler (162).

Ac. sing Ptt. Ostafrika. Gerbrinde »Bablah«. A. Engler (162).

Ac. verek G. et P. Ostafrika. »Bablah«. A. Engler (162).

Ac. skleroxylon Tussac (= *A. muricata* L.). Zum Gelbfärben auf Guadeloupe (136).

Ac. cineraria Willd. Ostafrika. Wertvolle Gerbrinde. »Bablah«. A. Engler (162).

Ac. giraffae Willd. Südafrika. »Camelthorn«. Die Hülsen können als Gerbmaterial verwandt werden.

Ac. subalata. Im ehem. Deutsch-Südwestafrika. Die Hülsen enthalten 28,8 % Gerbstoff. (232).

Ac. etbaica. Diese Art soll nach Schweinfurth eine gerbstoffreiche Rinde haben.

Ac. neriifolia Cunn.
Ac. digyna, Ostindien
Ac. albicans Kunth. Mexiko
Ac. bambolah Roxb.
} haben gerbstoffhaltige Früchte.

Ac. neriifolia Cunn. Australien. 15 % Gerbstoff
Ac. vestita DC. Indien
Ac. pennata Willd. Indien
Ac. jurema Mart. Brasilien. 8 % Gerbstoff, liefert »Cortex Juremae Brasiliensis«
Ac. intsia Willd.
Ac. cinerea Willd. und andere
} enthält mehr od. weniger Gerbstoff in der Rinde

Hoffmanseggia melanostriata Gery. Transvaal; liefert eine 25—30 % Tannin und roten Farbstoff enthaltende Rinde. Heermeyer (161), Dragendorff (16).

Inga dulcis W. (= *Mimosa dulcis* Roxb. = *Pithecolobium dulcis* Benth.). Mexiko, Philippinen, Malaiischer Archipel. In Indien »Cooroocoopulley« genannt. Bernardin (151).

Mimosa. Von dieser Gattung sind die Wurzeln der Arten *M. sensitiva* L. und *M. pudica* L. gerbstoffhaltig. Sie enthalten bis 10 % Gerbstoff.

Mi. inga L. (= *Inga vera* Willd.). Guadeloupe. Rinde zum Färben und Gerben benutzt. (136).

Mi. saponaria Roxb. (= *Inga saponaria* Willd. = *Albizzia saponaria* Bl.). Indien, Molukken. Rinde seit langem wie Seife verwandt. Loureiro (163). Miquel (134).

Prosopis juliflora DC. Westindien. Wurzel enthält 6—7 % Gerbstoff.

Stryphnodendron barbatimum Mart. (*Acacia adstringens* Mart.). Brasilien. Die Rinde »Cortex adstringens brasiliensis« oder »Barbatimaô«, enthält neben 18 bis 27 % Gerbstoff noch roten Farbstoff. Dragendorff (16), Paessler (159), Wilbuszewitz (160), Hahn (157), Duchesne (137). Baum bis 13 m hoch, mit dunkel- bis schwarzbrauner Rinde, reich an Sklereiden und Sekretzellen. Bastbündel von Kristallkammerfasern begleitet. Im Holz 3,8 % Gerbstoff.

32. Caesalpinioideae.

Cassia fistula L. Indien und Afrika. »Soona Rea Chali«. Die Wurzelrinde ist besonders reich an Gerbstoff. Dragendorff (16, 136 u. 150).

C. auriculata L. Ostindien bis China. Rinde enthält bis 20 % Gerbstoff, dient auch zum Färben. Dragendorff (16, 136, 150 u. 164).

C. sabac Del. Nubien und Erythraea.

C. goratensis Fres. Die Rinden werden zum Gerben verwandt. Engler (162).

Krameria triandra R. et P. Peru. Liefert die gerbstoffhaltige »Ratanhiawurzel«. 10 % Gerbsäure.

Kr. tomentosa St. Hil. Westindien, Mexiko, Nordbrasilien, Neugranada u. a. Liefert »Savanilla-Ratanhia-Wurzel« mit Ratanhiagerbsäure.

K. argentea Mart. Brasilien. Liefert »Para-Ratanhia«. Wurzel 7,2 % Gerbstoff.

K. lanceolata Torr. Nordamerika. Ungefähr 17 % Gerbstoff.

Tamarindus indica L. Indien, Java. »Tamer Hindi« genannt. (136).

Caesalpinia melanocarpa Gr. Südamerika, Argentinien. »Guajacan«, »Quajacan«.

Die Blätter enthalten 21 % Gerbstoff und werden technisch verwandt. Siewert (219).

C. pinnata Sauval und

C. coriaria Willd. Westindien und Südamerika, liefern die zum Gerben, Färben und als Adstringens gebräuchlichen »Libidibi«, »Dividivi« oder »Diwidiwi«, »Samak«, »Nanacascalote«-Früchte. Sie enthalten 30—50 % Gerbstoff. Engler (162).

C. brevifolia Baill. Chile. Die Früchte führen 60 % Gerbstoff. Dragendorff (16); die Hülsen allein 68,3 %.

Die Früchte sind unter folgendem Namen bekannt: »Algarobilli«, »Algarobillo«, »Algaroba«, »Balsamocarpon«.

C. cacalaco H. et B. Mexiko.
C. pulcherrima Sw. Indien.
} Früchte gerbstoffreich.

C. digyna Rottl. Ostindien. Gerbstoffreiche Wurzel. Auch die Hülsen, die »Tari« oder »Teri«, dienen als Gerbmaterial.

C. sappan L. Ostindien, Java. Rinde dient zum Gerben in Indien.

C. pectinata Lam. Rinde wird in Indien zum Gerben benutzt. (136).

Poinciana elata W. et A. Gerbstoffreiche Früchte.

Haematoxylon campechianum L. Zentralamerika, Antillen, Mexiko. Holz und Rinde werden als Adstringens gebraucht. Das »Batardblauholz«, von derselben Pflanze stammend, führt im Holz 6,34 % Tannin.

Pterolobium lacerans R. Br. Erythräa. Nach Schweinfurth gerbstoffreich. Dragendorff (16).

33. Papilionatae.

Myroxylon pereirae Kltsch. San Salvator (Balsamküste). Die Samen enthalten Gerbstoff. Dragendorff (16).

Cantuffa exosa Gmel. Ostafrika. Rinde wird als Gerbmaterial verwandt. Engler (162).

Pterocarpus marsupium Roxb. Malabarküste. Liefert das »Amboina«-, »Pterocarpus«- oder »Malabar«-Kino. Baum von 25 m Höhe und mehreren Metern Umfang. Blätter unpaarig gefiedert. Jedes Blatt zählt 5—7 lederartige, an der Spitze ausgerandete Blättchen. In Indien und auf Ceylon heimisch, genießt forstlichen Schutz, weil er schon stellenweise so gut wie ausgerottet ist. Sein Kino entstammt der Rinde, in welcher große kurz zylindrische Sekretschläuche in Gruppen eingestreut sind. Letztere finden sich auch im Mark. Das Kino enthält 75—80 % Kinogerbsäure. Näheres über Kino siehe »Besonderer Teil« unter »Kino«.

Pt. erinaceus Lam. Liefert »Westafrikanisches Kino« oder »Gambiakino«. Dieses Kino enthält 7,5 % Gerbstoff. Engler (162).

Pt. draco L. Westindien. Liefert »Westindisches Drachenblut«, in diesem 34 % Tannin.

Butea frondosa Roxb. Indien. »Malabarischer Lackbaum«, »Kinobaum«. Die angeschnittene Rinde liefert »Ostindisches Kino«, »Bengalisches Kino«, »Butea-Kino«. Ebenso sollen *B. parviflora* Roxb. und *B. superba* Roxb., beide aus Indien, auch »Ostindisches Kino« liefern.

Bauhinia Vahlii W. et Arn. Indien. Hier zur Gewinnung einer guten Gerbrinde ausgenutzt. Eitner (19).

34. Geraniaceae.

Verschiedene Arten dieser Familie zeichnen sich durch Gerbstoffgehalt in Wurzeln und Rhizomen aus.

Geranium maculatum L. Amerika. Im Rhizom 27,8 % Gerbstoff. Dragendorff (16).

G. Wallichium Sweet. Himalaja. Die Wurzel enthält neben Gerbstoff auch roten Farbstoff.

G. tuberosum L. Südeuropa. War wegen seines Gerbstoffgehaltes offizinell.

G. pratense L., *G. palustre* L., *G. Robertianum* L. und andere führen in der Wurzel 19—44,8 % Gerbstoff.

G. silvaticum L., *G. phlaeum* L., *G. sanguineum* L. Duchesne (137).

35. Oxalidaceae.

Oxalis gigantea Barn. Chile. Liefert wahrscheinlich die »Churcorinde«, welche 20—26 % Gerbstoff enthält und ein vorzügliches Gerbmaterial liefert. Eitner (150 u. 165).

36. Simarubaceae.

Simaruba officinalis DC. (= *S. guyanensis* Rich. = *S. amara* Aubl. = *Quassia simaruba* L. fil.). Britisch-Guayana. Rinde zum Gerben verwandt. (155).

Ailanthus glandulosa Desf. China. »Götterbaum«. Blätter enthalten 11 % Gerbstoff. Netolitzky (218).

37. Meliaceae.

Guarea trichilioides L. (= *Melia grandiflora* DC.). »Yayamaden«. Guayana. Die 6 mm dicke, zimtbraune Rinde, mit hellbrauner zerrissener Borke enthält 12,4 Prozent Gerbstoff. Paschkis (150). Nach Eitner (165) enthält die Rinde 10 % Tannin, das schwer ausziehbar ist.

Xylocarpus granatum Koen. | *Xyl. obovatus* A. Juss. | Ehem. Deutsch-Ostafrika. Enth. bis 40,49 Proz. Gerbstoff in der Rinde. Busse (10).

Chloroxylon excelsum. Kap. 7 % Gerbstoff in der Rinde. Bernardin (151).

38. Malpighiaceae.

Die Rinden fast aller Arten enthalten reichlich Gerbstoffe.

Malpighia spicata R. (= *Byrsonima spicata* Cav.). Antillen, Guayana. »Bois du Merisier d'or«, auf Guadeloupe »Mourailler« genannt. Die Rinde soll 43,5 % Gerbstoff führen. (136). Duchesne (137 und 155).

M. punicaefolia L. »Nancite« usw. Minderwertige Gerbrinde (siehe diese).

M. glabra L. Zentral- und Südamerika. »Nance-Gerbrinde« mit 26 % Tannin. Wehmer (116).

Byrsonima chrysophylla H. et B. Rosenthal (130).

39. Euphorbiaceae.

Neben Milchsaftröhren sind in den Arten dieser Familie vielfach Gerbstoffschläuche vorhanden.

Aleuritis triloba Forst. (= *Croton moluccanum* Willd.). Indien, Réunion. Rinde auf Réunion zum Gerben und Färben benutzt. (136).

Phyllanthus districhus Müll. Indien, trop. Asien. Die Wurzel enthält 18 % Gerbstoff. Dragendorff (16).

Ph. emblica Willd. Ostindien, Sundainseln, China, Japan, Mascarenen. Die offizinellen Früchte kommen als »Graue Myrobalanen« oder »Myrobalani Emblicae« in den Handel und enthalten Gerbstoff.

Bridelia montana Willd. Ostindien. Rinde mit 40 % Gerbstoff. Dragendorff (16).

Br. stipularis Bl. Indien. Adstringierende Wurzelrinde. *Baloghia sp.* (= *B. Plancheri* Baill?). Neukaledonien. Führt Gerbstoff. (136 u. 150).

40. Coriariaceae.

Familie mit einer Gattung, die in acht Arten zerfällt, welche durch ihren Gerbstoffgehalt ausgezeichnet sind.

Coriaria myrtifolia L. Südeuropa, Nordafrika. »Myrtensumach«, »Lederbaum«, »Gerberstrauch«, »Französischer Sumach«. Rinden und Blätter in der Gerberei und Medizin verwandt.

C. ruscifolia L. Peru und Neuseeland. »Tutupflanze«. Hat gerbstoffreiche Früchte Dragendorff (16) und 17 % gerbstoffhaltige Rinde. Bernardin (131).

C. thymifolia H. et B. Neugranada. »Plante à encre«. Bernardin (131).

41. Anacardiaceae.

Alle hierher gehörigen Gattungen sind mehr oder minder reich an Gerbstoffen und werden daher vielfach technisch und medizinisch verwandt.

Mangifera indica L. Ostindien, in allen Tropen kultiviert. »Mangobaum«. Die Rinde enthält 16,7 % Gerbstoff. (155).

Pistacia lentiscus L. Griechische Inseln. Südliche Küste des Mittelmeeres, Marokko und Kanarische Inseln. »Mastix Pistacie«. Blätter und Gallen dienen als Adstringens. Das aus den Blättern gewonnene Gerbmaterial mit 11,3 % Tannin dient zur Verfälschung des »Sumach«.

Odina Wodier Roxb. Ostindien. Rinde mit 9 % Gerbstoff.

Astronium fraxinifolium Schott. Brasilien. Rinde gerbstoffreich, liefert wahrscheinlich »Gateadorinde«, welche manchmal auch von *Brosimum speciosum* abgeleitet wird. Die Rinde enthält 12,61 % Tannin und stammt aus Venezuela. Eitner (150 u. 165).

Rhus coriaria L. und

Rh. copallina L. Südeuropa, Mittelmeergebiet. »Gerbersumach«. Die Blätter enthalten 13 % Gerbstoff; die Stengel etwa 3,4 % Tannin und 11 % Gallussäure. Blätter und Stengel werden unter dem Namen »Gambuzzo« gehandelt.

Rh. typhina L. Nordamerika, in Europa angebaut und verwildert. »Essigbaum«, »Hirschkolben-Sumach«. Enthält namentlich in der Rinde viel Gerbstoff.

Rh. glabra L. Nordamerika, in Europa kultiviert. In der Samenschale 7,3 % Gallusgerbsäure. Galläpfel führen bis 61,7 % Gerbstoffe.

Rh. tomentosa L. Kap. Holz und Rinde gerbstoffreich.

Rh. cotinus L. (*Cotinus coggygria* Scop.). China, Orient, Mittelmeergebiet. »Perückenstrauch«, »Färbersumach«, »Venetianischer Sumach«. Blätter (16,7 % Tannin) und Rinde reich an Gerbstoff.

Rh. lucida L. Kap. Bernardin (151).
Rh. albida Schomb. Arabien bis Marokko.
} In Blättern und Rinde gerbstoffreich. Holz und Rinde werden zum Gerben gebraucht.

Rh. cotinoides Nutt. Nordamerika (Cumberlandgebirge). In Blättern Gerbstoff.

Rh. rhodanthema F. v. M. Neusüdwales. »Gelbe Zeder«. Blätter 9,5 % Tannin. Rinde führt Katechugerbsäure.

Rh. abyssinica Hochst. Erythräa. Gerbstoff in Blättern.

Rh. pentaphylla Desf. Südeuropa, Nordafrika (Algier), führt Gerbstoff in der Rinde. Duchesne (137).

Rh. aromatica Ait. (*Rh. suaveolens* Ait.). Nordamerika. Gerb- und Gallussäure in Blättern. In der Rinde Gerbstoff.

Rh. toxicodendron L. Nordamerika, Nordostasien. »Giftsumach«, »Poison Oak«. Blätter enthalten Gallusgerbsäure.

Rh. trilobata Nutt. Nord- u. Mittelamerika.
Rh. juglandifolia Willd. Japan, Peru, Kolumbien.
} Führen gerbstoffreiche Rinde.

Rh. semialata Murr. Nördliches Indien, China, Japan, Sandwichinseln. Liefert technisch wichtige »Chinesiche und Japanische Galläpfel« mit bis 77 % Tannin.

Schinus molle L. Südamerika, besonders in Buenos Aires als Gerbrinde benutzt. Bernardin (151).

Sch. dependens Orteg. Südamerika. Blätter haben 19—20 % Gerbstoff, Gerbmaterial. Siewert (219).

Quebrachia Lorentzii Gris. (*Schinopsis Lorentzii* Engl., *Loxopterygium Lorentzii* Gris.). Argentinien. Liefert das technisch wichtige gerbstoffreiche »Quebrachoholz« oder »Quebracho Colorado«. Der Baum wächst in den Mischwaldungen von Nordargentinien, Paraguay und Uruguay. Die rote Quebrachorinde enthält katechuähnlichen Gerbstoff, das Holz 18—20 % Quebrachogerbstoff.

42. Celastraceae.

Celastrus scandens L. Nordamerika. Rinde und Wurzel schwach adstringierend.

C. obscurus Rich. Abessinien. Die »Add-Add« genannten Blätter führen »Celastrusgerbsäure«.

43. Aquifoliaceae.

Ilex aquifolium L. Europa. »Stechpalme«. Gerbstoff in den Blättern.

I. macoucoua Pers. Guayana, Brasilien. In Früchten und Gallen Gerbstoff.

I. paraguariensis St. Hil. Paraguay, Südbrasilien. Der in den Blättern enthaltene Gerbstoff (5—20 %) soll dem des Kaffees identisch sein.

I. verticillata A. Gray. Nordamerika »Black-Alder«. Rinde und Früchte enthalten Gerbstoff und werden als Adstringens benutzt.

I. cassine Walt. Karolina, Florida. »Brechhülse«. Blätter 7,4 % Gerbstoff.

44. Hippocastanaceae.

Aesculus hippocastanum L. Nord-Griechenland, Mitteleuropa, Südeuropa bis Persien kultiviert und verwildert. Rinde 1,87—2 % Gerbstoff, auch Fruchtschalen gerbstoffhaltig. Sie werden als schlechter Ersatz der Chinarinde und in Italien angeblich zum Gerben gebraucht. (155). Councler (166).

A. glabra Willd.
A. parviflora Walt. } desgl.
A. californica Nutt.

45. Sapindaceae.

Paullinia cupana H. B. K. Venezuela, Brasilien. Die Samen enthalten unter anderm Gerbstoff.

Melicocca bijuga L. Westindien, Brasilien. Rinde wird als Adstringens gebraucht.

46. Rhamnaceae.

Ventilago spec. Indien. Wurzelrinde »Cheroogoodi« zum Gerben benutzt. Bernardin (151).

Zizyphus rugosa Lam. Indien. Rinde gerbstoffreich. (136).

Ceanothus americanus L. Nordamerika. »Seckelblume«. Wurzel und Wurzelrinde enthalten 6,5 % Gerbstoff und werden als Adstringens verwandt. Dragendorff (16).

47. Vitaceae.

Vitis vinifera L. Asien, Kaukasus, Armenien, Südeuropa. Nicht nur die grünen Pflanzenteile, sondern auch die reifen Beeren enthalten Gerbstoff, die Beerenschalen 0,4—4 %. Auch die Samen führen Tannin.

48. Tiliaceae.

Elaeocarpus dentatus Vahl. Rinde in Neuseeland zum Gerben verwandt.

E. Hookerianus Raoul. Neuseeland: Südinsel. »Pokaka« genannt. 9—10 % Gerbstoff. Bernardin (151). Auch wird aus beiden in Neuseeland ein Tanninextrakt bereitet. Bernardin (131).

Lühea paniculata Mart. Brasilien. Duchesne (137). Gerbrinde.

L. grandiflora M. »Azoite Cavallo«. Rosenthal (130). Gerbrinde.

Mollia speciosa Mart. et Zucc. (= *Lühea speciosa* Willd.). Brasilien. Rosenthal (130). Gerbrinde.

49. Sterculiaceae.

Sterculia urens Roxb. Coromandel. Rinde gerbstoffhaltig.

Heritiera litoralis Dryand. An den Seeküsten der Tropen der alten Welt verbreitet. Ehem. Deutsch-Ostafrika und Australien. Die Gerbrinde führt 13,9 % Tannin. Busse (10).

Cola acuminata Schott et Endl. Trop. Zentralafrika. Der Same enthält 1,6 % Gerbstoff.

50. Dilleniaceae.

Dillenia speciosa Thbg. Ostindien.

D. elliptica Thunbg. Ostindien.

D. scrabrella Roxb. (= *Colbertia scrabrella* Don.). Celebes. Die Stammrinde wird als Adstringens benutzt und dient als Gerbrinde.

51. Theaceae.

Gordonia lasianthus L. Florida. Gerbrinde. Duchesne (137).

G. spec. Java. »Poespa«. Gerbrinde. Bernardin (151).

G. pubescens Lam. Nordamerika. Adstringierende Rinde.

Thea chinensis Sims. China. In Japan, Ceylon, Ostindien kultiviert. Enthält in den Blättern reichlich Gerbstoffe. Indischer Thee im Mittel: 14,33 %, Chinesischer Tee: 9,50 %; Ceylontee 12,29 % Tannin.

52. Guttiferae.

Caraipe grandifolia Mart. Brasilien. Rinde wirkt als Adstringens. Dragendorff (16).

Parcinia indica Chois. Ostindien. Der Same ist gerbstoffhaltig, die Rinde wirkt adstringierend. Dragendorff (16).

53. Dipterocarpaceae.

Shorea robusta Roxb. Nordindien. Die Rinde soll 32,2 % Gerbstoff enthalten. Dragendorff (16).

54. Tamaricaceae.

Tamarix furas Buch. Ostindien. Die Gallen haben zum Teil 43 % Tannin. Dragendorff (16).

T. gallica L. Italien, Spanien. Hier zum Gerben benutzt. Gerbrinde. Bernardin (151). Die jungen Zweige dienen in Nordafrika zum Gerben, die Blätter ebenso, Beckmann (167), wie die von *T. africana* Poir. enthalten 8,4 % Gerbstoff und werden zur Verfälschung von Sumach benutzt. Perkin und Wood (220).

Myricaria germanica Desv. Mittel- und Südeuropa. Die Rinde wirkt adstringierend.

55. Cistaceae.

Cistus salvifolius L. Mittelmeerländer. »Berber«, »Burber«. Das Kraut wird zusammen mit Granatfruchtschalen als Gerbmittel verwandt. Ascherson (221).

C. albidus L. wie *C. salvifolius*. Gerbmittel zur Verfälschung des Sumach. Netolitzky (218).

Helianthemum canadense Michx. Nordamerika, enthält 10,8 % Gerbstoff.

56. Flacourtiaceae.

Neumannia theiformis A. Rich. (*Aphloia theiformis* Benth.). Madagascar, Maskarenen, Seychellen, Comoren. Blätter haben 8,55 % Gerbstoff und gelten als minderwertiges Gerbmaterial. (222).

57. Thymelaeaceae.

Daphne cnidium L. Algier. Unter dem Namen »Garou« in Algier zum Gerben, Schwarz- und Braunfärben verwandt. (124).

58. Sonneratiaceae.

Sonneratia caseolaris L. Küsten des indischen Ozeans. Gerbrinde, welche 15,5 % Tannin enthält und zum Gerben benutzt wird. Busse (10).

59. Punicaceae.

Punica granatum L. Nordwestindien und Nordafrika. Der Granatapfelbaum war in Ägypten schon 2500 v. Chr. bekannt. Seine Früchte sind in den Grabstätten als Totenbeigaben gefunden worden. Die Fruchtschalen mit 26,6 % Gerbstoff und auch die Rinde dienten zum Gerben feiner Ledersorten und waren auch später im Mittelalter offizinell. Trimble (233) gibt den Gerbstoffgehalt mit 28,38% an. In Westafrika vielfach zum Gerben verwandt. Eitner (19). Stamm und Wurzelrinde enthalten etwa 28 % Granatgerbsäure. Die Rinde wird leicht mit Berberitzenrinde verwechselt, letztere enthält keinen Farbstoff. Duchesne (137), Zörnig (122a u. 155).

60. Lecythidaceae.

Bertholletia excelsa H. et B., Brasilien. Die Rinde wird als Adstringens gebraucht. Dragendorff (16).

Barringtonia alba Bl. Molukken. Rinde enthält Gerbstoff.

61. Melastomataceae.

Lasiandra proteaeformis DC. Brasilien.

L. Maximiliana DC.

Die gerbstoffreichen Rinden dienen zum Schwarzfärben. Dragendorff (16).

Blackea trinervis Pav. et R.
Bl. quinquenervis Aubl.
Britisch-Guayana. »Mess-apple«. Beide zum Gerben verwandte Rinden. Rosenthal (130).

62. Halorrhagidaceae.

Gunnera chilensis Lam. (*G. scabra* R. et P.). Cavacas bis Patagonien. In Europa kultiviert. Die Wurzel »Palo Pangue« enthält 9,34 % Gerbstoff und wird in Chile zum Gerben benutzt. Hartwich (214), Bernardin (151).

Astronia papetaria Bl. Molukken, hat adstringierende Rinde.

63. Rhizophoraceae.

Rhizophora mangle L. Die Heimat dieses in den Tropenländern häufig anzutreffenden Baumes ist Westindien und Südamerika. Rinde und Blätter werden auf Martinique, in Cochinchina, Senegal, in neuerer Zeit auch in England zum Gerben und Färben benutzt und enthalten 25 % Gerbstoff. Bancroft (122b), Duchesne (136 u. 137).

Rh. mucronata Lam. Kommt an den Festlandsküsten des indischen Ozeans, sowie auf Mauritius und in Neukaledonien vor. War im ehem. Deutsch-Ostafrika häufig. Wertvolle Gerbrinde. »Mangrove bark«. A. Engler (162).

Rh. gymnorhiza L. (= *Brougiera gymnorhiza* Lam.). China, Cochinchina, Neukaledonien usw. »Vo-da« genannt. Loureiro (163), Bancroft (122b), A. Engler (162). Ähnlich diesen beiden Arten werden auch andere in den verschiedensten Tropenländern verwandt, z. B.

Rh. racemosa Meyer. Guayana.

Rh. apiculata Bl. Ostindien und

Rh. cylindrica Bl. Ostindien.

Bruguiera gymnorhiza Lam. Ostindien. Rinde stark adstringierend.

Br. Rumphii DC. Indien. Tanninreiche Rinde.

Br. parviflora W. et Arn. Indien. Gerbstoffreiche Rinde.

Kandelia Rheedii W. et Arn. Malabar. Die Rinde enthält 27,4 % Tannin.

Ceriops Candolleana Arn. Straits-Settlements. Rinde gerbstoffhaltig. Führt 42,27 % Tannin und dient zum Gerben. Busse (10).

64. Myrtaceae.

Eugenia chequen Molina. Chile; gerbstoffhaltige Rinde.

E. Maire A. Cunn. gehört zu den minderwertigen Gerbrinden. »Whawhakorinde«.

E. Smithii Poir. Australien. 17 % Gerbstoff. Nach Dragendorff (16) 28,6 % Katechugerbsäure. In Viktoria verwandt und dort als »Myrtle tree« bekannt. Bernardin (151).

Syzygium nodosum Miqu. Sumatra, Java. »Salembadak«. Bernardin (151). Wie die folgenden zum Gerben.

S. Jambolana DC. (= *S. caryophyllifolium* DC. = *Eugenia Jambolana* Lam.). In Ostindien einheimisch und auf den Antillen kultiviert. Die Wurzelrinde wird verwandt. »Tête négresse« genannt. Bernardin (151).

Jambosa malaccensis DC. (= *Eugenia malaccensis* L. = *Jambosa domestica* Rumph) und

J. vulgaris DC. In den Tropen hie und da als Gerbmittel verwandt, z. B. auf Réunion. Bernardin (151).

Myrtus communis L. In den Mittelmeerländern, z. B. in Neapel. Wehrs (127).

M. arayon H. B. K. Mexiko bis Peru. Rinde gerbstoffhaltig.

Aulomyrica coriacea Bg. (= *Myrica coriacea* DC.). Auf den Caraiben. Mit gerbstoffhaltiger Rinde. Rosenthal (130).

Die Rinde von *Psidium guajava* Raddi enthält bis zu 30 % technisch verwendbaren Gerbstoff. Dragendorff (16). Die Rinde dient auch zur Papierbereitung. Duchesne (137).

Psidium pomiferum L. »Djamboe« in Westindien hat eine 12 prozentige Gerbstoffrinde. Bertheraud (168).

Eucalyptus globulus Labill. »Blue gum tree«. Die Rinden dieser und zahlreicher anderer Eucalyptus-Arten sind sehr gerbstoffreich und dienen zur Gewinnung von Kino (siehe dieses), werden auch zum Gerben verwandt. Sie erteilen dem Leder einen eigentümlichen Geruch. (124).

E. longifolia Lk.

E. rostratus Cav. Wiesner (120).

E. occidentalis Endl., siehe »Malettorinde«.

E. decurrens Müll. (?) liefert in Australien die »Mannah-Wattle«-Rinde mit 15 % Gerbstoff.

E. loxophleba Benth. Australien. »York-Gum-Rinde« mit 10 % Gerbstoff.

E. redunca Schau. »White Gum« hat eine Rinde mit 12,5 % Gerbstoff.

E. cornuta Labill. (?) Liefert die »Yaterinde« mit 10 % Gerbstoff. Siehe Wehmer (116).

Barringtonia racemosa (L.) Bl. Im Küstenlande von Ostafrika. Gerbrinde. A. Engler (162).

B. acutangula Gärtn. Burma. Gerbrinde. A. Engler (162).

Spermolepis gummifera Broan. Neukaledonien, liefert nach Heckel u. Schlagdenhauffen (170) ein Gerbstoffharz mit 80 % Gerbstoff. Nach Thuau (169) enthält die Rinde 17,4 % Gerbstoff.

Pimenta officinalis Lindl. Antillen. »Nelkenpfeffer«. Früchte, Blatt und Rinde sind tanninhaltig. Dragendorff (16).

Angophora Woodsiana, *A. lanceolata* Cav., *A. intermedia* DC. } Neuholland. Liefern aus der Rinde Kino.

Spermolepis gummifera Br. Neukaledonien. Sondert ein Gerbstoffharz aus, das 80 % Tannin enthält.

65. Combretaceae.

Bucida buceras L. Antillen und Guayana. »Gris-gris« (frz. Guayana); »French oak« (Antigua); »Black olive«, »Oliver de Trinidad« liefert eine sehr geschätzte Gerbrinde. (136), Lindley (171), Bernardin (131).

Terminalia catappa L. Ostindien. Réunion. Die Frucht enthält 6 % Gerbstoff, ihre Rinde, die »Badamierrinde« dient zum Gerben. (155).

T. buceras Wright. Antillen, *T. hilariana* Steud. Caraiben } liefern Gerbrinden.

T. mauritiana L. Mauritius, Réunion. »Jamrosarinde« (diese ist etwas heller als »Badamierrinde«). Enthält 30 % Gerbstoff. Die Gerbung mit dieser Rinde erfolgt sehr schnell, das Leder ist daher weniger fest, hat aber eine helle Färbung. (155). Eitner (150 u. 165).

T. chebula Rest. Ostindien »Catappe«. Die unreifen Früchte kommen als »Myrobalani nigrae«, die reifen als »Myrobalani Chebulae« in den Handel. Sie enthalten bis zu 31 % Gerbstoff. Arabisch-persische Autoren nennen sie »Halidasch«. In Turkestan heißt die reife Frucht »Chalilatsch Kebuli«, die unreife »Chalilatsch Kara«, in China »Hohli-leh« und »Hoh-tze«, in Indien »Hirada«, »Kaduk-kai«, »Haritaki«, »Alalekay«, »Hana«, »Silimkung«. Die Gallen dieser Pflanze werden als *Terminalia gangetica* Roxb. bezeichnet und medizinisch verwandt. Dragendorff (16). Die Blätter sollen in Indien zum Gerben dienen. Heiden (224).

T. belerica Roxb. Ostindien und Malaiisches Gebiet. Blätter dienen in Indien zum Gerben. Watt (223), Heiden (224).

T. gella Dalg. Gerbrinde.

T. tomentosa Wight. Arn. Indien. Gerbrinde.

T. trejinae (?). Indien. Liefert Gerbrinde.

T. citrina Roxb. Bengalen. Liefert die »gelbe Myrobalane«.

T. travancorensis W. et Arn. Desgl.

T. arjuna Wight et Arn. Soll 16 % Tannin enthalten.

T. coriacea W. et Arn. Indien. Rinde adstringierend.

Conocarpus racemosus L. (*Schousbea commutata* DC.). An den Küsten des tropischen Amerika verbreitet. In Brasilien werden fast sämtliche Teile der Pflanze unter dem Namen »Manga branca« zum Gerben benützt. Die als »Mangle«, »Mango«, »Mangoblätter«, neuestens als »Manguebläter« bezeichnete Ware besteht aus kleineren oder größeren Bruchstücken von Blättern und Blattstielen, Zweigstücken mit Rinde, Holzstückchen und unreifen Früchten, die mit kurzen anliegenden Haaren bedeckt, seidenartig schimmern. Der Gerbstoffgehalt entspricht dem besserer Sumachsorten und beträgt nach Oettinger im Mittel 26,19 %. Auch das Extrakt mit 56,87 % Gerbstoff (Oettinger) ist Handelsgegenstand. Mango erteilt jedoch dem Leder eine sehr unerwünschte Färbung, ist also nur unter Umständen vorteilhaft zu verwenden. Lindley (171), Bernardin (151), Heiden (224), Oettinger (225), v. Höhnel (226).

C. erectus Jacq. und

C. procumbens Gärtn. Antillen, Guadeloupe, Brasilien. »Paletuvier gris« (Guadeloupe); »Button tree« (Antillen);

»Mangle Zaragossa« (Brasilien). Holz und Rinde werden zum Gerben verwandt. Bernardin (151).

Pentaptera alata Banks (= *Terminalia alata* Roxb.). Indien. Rinde reich an Gerbstoff. Rosenthal (130).

Combretum Bambaultii (?) Senegambien. Die Blätter enthalten 11 % Gerbstoff.

66. Oenotheraceae.

Fuchsia excorticata L. fil. Neuseeland. »Kotu-kutuhu«. Gerbrinde mit 5,3 % Gerbstoff. Bernardin (131).

67. Cornaceae.

Cornus florida L., Nordamerika. Die Rinde soll 3 % Gerbstoff enthalten.

68. Ericaceae.

Ledum palustre L. *Calluna vulgaris* waren schon im 18. Jahrhundert als Gerbpflanzen im Gebrauch.

Andromeda arborea L. Nordamerika »Arbre à l'oselle«. In Tenessee und anderen Gegenden der Vereinigten Staaten zum Gerben und Färben benutzt. Duchesne (137), Michaux (172).

A. polifolia L. Europa. Blätter und Zweige werden heute noch in Rußland zum Gerben benutzt.

Rhododendron maximum L. Nordamerika
Rh. punctatum Andr. Nordamerika
} Enthalten Gerb- und Gallussäure.

Gaultheria procumbens L. Nordamerika. Die Blätter enthalten 5,5 % Tannin.

Arbutus unedo L. Süd- und Mitteleuropa. Früchte, Rinde und Blätter sind adstringierend und werden in den Mittelmeerländern zum Gerben benutzt. Guttenberg (174), Bernardin (151), Duchesne (137). Die Rinde enthält nach Mafat (175) 45 % Gerbstoff.

Arctostaphylos uva ursi Kth. Europa, Nordasien. Blätter und Zweige enthalten reichlich Gerb- und Gallussäure und werden in Schweden und Rußland zum Gerben und Schwarzfärben benutzt. Pallas (173), Duchesne (137), Beckmann (167).

Vaccinium vitis idaea L. Die Blätter enthalten unter anderm Gerbstoff.

V. myrtillus L. Die grünen Teile wurden früher zum Gerben benutzt.

69. Myrsinaceae.

Myrsine urvillea DC. Neuseeland. »Matsan«. Gerbrinde.

M. melanophloea R. Br. Kap. Blätter werden als Adstringens benutzt.

70. Plumbaginaceae.

Plumbago europaea L. Südfrankreich. Die ganze Pflanze, besonders die Wurzel ist reich an Gerbstoff. Bernardin (151).

Statice limonium L. Küsten Europas und Nordamerikas. Wurzel in Rußland zum Gerben benutzt.

St. caroliniana Walt. Nordamerika. Wurzel enthält 14—18% Gerbstoff. Maisch (215). Auch andere Arten werden wegen ihres Reichtums an Gerbstoff technisch verwendet, so *St. brasiliensis* Boiss. Südbrasilien. »Baycuru«. *St. latifolia* Smith. Südrußland, Kaukasus, Rumelien. Wurzel dient im Kaukasus zum Gerben.

St. Gmelini. »Kermeswurzel«. Gerbmaterial mit 17,5 % Tanninen, welche Gallussäure enthalten und bei der Hydrolyse rote und braune Phlobaphene geben. Powarmin und Ssekretow (216).

Goniolimon tataricum Boiss. (*Statice tatarica* L., *St. trigona* Pallas). Südeuropa, Kaukasien, Sibirien. Die Wurzel dient in Sibirien zum Gerben. Duchesne (137).

71. Sapotaceae.

Pradosia lactescens Rdlk. Liefert »Cortex Monesiae«, welche seit 1839 medizinisch benutzt wird. Die Rinde ist sehr gerbstoffreich und schmeckt anfangs süßlich, dann adstringierend. Tschirch (111).

Chrysophyllum buranhau Ried. (= *Chr. glycyphloeum* Casaretti). »Monesiarinde«. Minderwertige Gerbrinde.

Achras sapota L. Westindien. Südamerika. Die Rinde wird als Adstringens benutzt. Dragendorff (16).

Sideroxylon Richardi F. v. Muell. Die Rinde enthält unter anderm Tannin.

Imbricaria maxima Poir. »Ecorce de Bois de Natte grande«. Gerbrinde.

Im. petiolaris Poir. Réunion. »Ecorce de Bois de Natte petite«. (136).

Bumelia retusa Sw. Westindien. Frucht adstringierend.

B. pallida Sw.
B. nigra Sw.
} Haben adstringierende Rinden. Dragendorff (16).

Mimusops elengi L. Ostindien und Südasien. Die Rinde hat 7 % Tannin.

M. hexandra Roxb. Ostindien, Dekkan. Enthält 40,0 % Gerbstoff in der Rinde. Heckel und Schlagdenhauffen (40).

72. Ebenaceae.

Diospyros sapota Roxb. Réunion. »Sapota nègre«. Gerbrinde (136).

D. melanoxylon Roxb. Ostindien, China. Die adstringierende Rinde wird medizinisch verwandt. Dragendorff (16).

73. Symplocaceae.

Dicalyx aluminosus Bl. Indien. Java. Blatt und Rinde wirken adstringierend und dienen als Gerbmittel.

74. Oleaceae.

Fraxinus excelsior L. Europa. Blätter tanninhaltig. Schwache Gerb- und Färbrinde. Nach Bernardin (151) 3,3 % Gerbstoff, nach Hampl (29) nur 0,2 %.

Fr. edenii Boerl. et Kds. Java. Enthält Gerbstoff.

Nyctanthes arbor tristis L. (= *Parilium arbor tristis* Gärtn.). Ostindien, Hinterindien. »Hursingar«, »Srigading«. Gerbrinde. Bernardin (131).

Ligustrum robustum Bl. Java. Enthält Gerbsäure. Dragendorff (16).

Jasminum glabriusculum Bl. Java. Rinde und Blatt gerbstoffhaltig.

75. Apocynaceae.

Aspidosperma quebracho blanco Schlecht. Argentinien. »Quebrachorinde«. Rinde als »Quebracho blanco« oder »White Quebracho« bezeichnet und gerbstoffhaltig (4 %). Die Blätter enthalten 27,5 % Gerbstoff. Der Auszug der Blätter ist fast farblos. Moeller (227).

As. eburneum Allm. Brasilien. Vielleicht identisch mit *Asp. quebracho*. Liefert Gerbholz und Gerbrinde. Bernardin (131), Hansen (176).

Asp. peroba (?)
Asp. sessiliflora Müll. Arg. } Brasilien. Liefern Gerbrinden.

Wrigthia ceylanica R. Br. Ceylon, Malabar. Wurzel ist als Adstringens offizinell.

76. Borraginaceae.

Symphytum officinale L. Nördl. Europa. Die Wurzel enthält Gerbstoff.

77. Verbenaceae.

Avicennia tomentosa L. Ost- und Westindien. »Manava«. Gerbrinde. In Venezuela als »Mangle prieto« benutzt. Ernst (177).

A. officinalis L. Ost- und Westindien. Rinde gerbstoffreich. Die Blätter der »Mangle prieto« dienen in Venezuela als Gerbmaterial. Ernst (228).

A. nitida Jacqu. Südamerika, Britisch- und Franz.-Guayana. Gerbrinde. »Couridabark« (Brit.-Guayana); »Palétuvier« (Frz.-Guayana). Bernardin (131).

Vitex divaricatus L. Indochina. Die Blätter enthalten 14 % Gerbstoff und dienen als Gerbmaterial. Bocquillon (229).

78. Gessneriaceae.

Rhabdothamnus Solandri Cunn. Neuseeland. Gerbrinde. »Atakotiro«, »Mahua fine red deye«.

79. Bignoniaceae.

Bignonia longissima Swartz (= *Catalpa longissima* Hort. Kew. = *Bign. quercus* Lam.). Antillen. »Antilleneiche«. Sehr wichtiges Gerbmaterial der westindischen Inseln. Duchesne (136, 137, 150, 155).

Calosanthes indica Bl. Indien, Java. Wurzelrinde wird als Adstringens verwandt. Dragendorff (16).

Millingtonia hortensis L. Java. Enthält Gerbstoff.

Temoca impetiginosa Mart. Brasilien. Rinde schwach gerbstoffhaltig.

Jacaranda copaia Don. Brasilien. Rinde enthält Gerbstoff.

J. acutifolia H. et B. Peru. Frucht wird als Adstringens verwandt.

Stereospermum chelonioides DC. Indien. In der Rinde Gerbstoff.

Kigelia pinnata DC. Innerafrika. Frucht enthält Gerbstoff.

80. Acanthaceae.

Hygrophila angustifolia R. Br. Indien, Java. Adstringens.

Andrographis paniculata Nees. Indien. Enthält Gerbstoff.

Justicia gendarussa Burm. Indien. Wurzel adstringierend.

81. Rubiaceae.

Cascarilla hexandra Wedd. Brasilien. Enthält Chinovagerbsäure.

Uncaria gambir Roxb. Hinterindien und Sundainseln. Die Pflanze wird wegen des gerbstoffartigen Gambir angepflanzt.

Sarcocephalus esculentus Sab. Guinea. Rinde findet als Adstringens und zum Gerben Verwendung.

S. cordatus Miqu. Queensland. Nordaustralien. »Leichardstree«. Findet als Gerbrinde Verwendung. Bernardin (131).

Genipa americana L. Südamerika, Westindien. Die Frucht enthält Tannin.

Randia aculeata L. Südamerika. Frucht adstringierend, zum Schwarzfärben und Gerben verwandt.

Webera corymbosa W. Ceylon. Blatt adstringierend.

Bassanacantha spinosa var. fera. Schum. Brasilien. Die Blätter enthalten Gerbstoff.

Coffea arabica L. Im Samen Kaffeegerbsäure.

Psychotria ipecacuanha Stockes. Brasilien. Wurzel enthält unter anderm Gerbsäure.

82. **Caprifoliaceae.**

Viburum prunifolium L. Nordamerika. In der Rinde Gerbstoff.

V. acerifolium L. Nordamerika. Die Rinde dient als Adstringens.

83. **Compositae.**

Eupatorium chilense Molin. Südamerika. Die unterirdischen Teile dienen zum Gerben. Mérat et Lens. (217).

II. Beschreibung der wichtigeren technisch verwendeten Gerbstofflieferanten.

a) Gerbrinden.

Technische Verwendung finden nicht nur Stamm- sondern auch Wurzelrinden. So wird z. B. die Wurzelrinde der Kermeseiche als »Garouille« zum Gerben verwandt. Auch rindenähnliche Bildungen monokotyler Baumgewächse werden zum Gerben benutzt, wie die Kokospalme. Die meisten Gerbrinden entstammen wilden Pflanzen, seltener werden die Gerbstoffpflanzen in »Schälwäldern« gezüchtet. Die Dicke der Rinden schwankt. Eichenspiegelrinden sind z. B. nur wenige Millimeter, die Mimosarinden 0,5—2,5 cm dick, während die Hemlock- sowie die Altholzrinden gewöhnlich sehr dick sind. Geruch und Geschmack spielen bei Gerbrinden eine hervorragende Rolle als Wertbeurteilungsmittel. Manchmal kann die Frische und Unverdorbenheit der Rinde auf diesem Wege leicht festgestellt werden. Die Gerbrinden verraten ihren Tanningehalt sofort durch den zusammenziehenden (adstringierenden) Geschmack, der bei einem Gehalt von über 15 % unangenehm stark wirkt. Für das praktische Studium der Gerbrinden sind neben den chemischen Reaktionen (siehe Chemischer Teil) die Lupenquerschnitte wichtig. Neben Anordnung der Gewebe usw. zeigt das Lupenbild sofort, ob schon Borke vorhanden ist oder ob die ganze Rinde, wie der Gerber sagt, aus »Fleisch« besteht, ob noch Epidermis oder schon Periderm vorhanden ist usw. Je heller der Querschnitt erscheint, desto besser ist im allgemeinen die Gerbrinde. In chemischer Hinsicht sind tanninhaltige Rinden sofort an der Reaktion mit Eisensalzen zu erkennen. Man bemerkt hierbei auch in der Regel ohne weiteres, ob der Gerbstoff ein eisengrünender oder eisenbläuender ist. So kann man z. B. Tannen- und Fichtenrinde in gemahlenem Zustande sofort voneinander unterscheiden, da die erstere einen eisenbläuenden, die letztere einen eisengrünenden Gerbstoff enthält. Tanninhaltige Rinden zeigen an dünnen Schnitten mit Kalilauge unter dem Mikroskop eine intensive gelbe bis rotbraune Färbung.

1. **Fichtenrinde.** Die Fichtenrinde ist für Nord-, Ost- und Mitteleuropa eine der wichtigsten und billigsten Gerbrinden. Die Fichte fehlt in Süd- und Westeuropa fast vollständig und wird dort durch andere Nadelhölzer ersetzt. In Nordamerika spielt eine der Fichtenrinde ähnliche Rolle die Hemlockrinde von *Tsuga (Abies) canadensis* und in Südeuropa die Skorzarossa von *Pinus halepensis,* während andere verbreitete Nadelbäume Europas, wie z. B. die Weißföhre, *Pinus silvestris,* die Schwarzföhre, *Pinus laricio,* und die Strandkiefer, *Pinus pinaster,* ein sehr minderwertiges und kaum brauchbares Rindenprodukt liefern.

Von europäischen Nadelholzrinden sind nur noch die Tannenrinde von *Abies pectinata* und die Lärchenrinde von *Larix europaea* zu erwähnen, welche beide an Bedeutung gegenüber der Fichtenrinde weit zurückstehen.

Was nun besonders die Fichtenrinde anlangt, so ist diese für Österreich-Ungarn, Deutschland, Schweden, Norwegen und Finnland, für die gesamten Alpen und den Jura und einen großen Teil Rußlands eins der wichtigsten Gerbmaterialien. Der Wert der Fichtenrinde ist sehr verschieden und hängt nicht nur von der Gegend ab, sondern auch von der Höhenlage und dem Alter der Bäume. Im allgemeinen sind die alpinen Fichtenrinden (was die österreichischen anlangt, besonders steierische und kärntnerische) besser als die außeralpinen (z. B. böhmische und mährische).

In betreff des Alters ist zu bemerken, daß jüngere Bäume bis zum Alter von etwa 30 Jahren trotz der geringeren Borkenbildung ein schlechteres Material zu liefern scheinen als ältere (z. B. 50—60jähr. Bäume). Nach Th. Hartig liefern sogar Stämme im Alter von 60—80 Jahren die beste Rinde. Erst wenn in höherem Alter die Borkenbildung überhand nimmt, geht die Rindenqualität wieder zurück; jedenfalls ist die relative Dicke von Borke und Rinde kein sicheres Kennzeichnen für die Güte der Rinden, schon deshalb nicht, weil bei der Fichte die Borke oft fast ebensoviel Gerbstoff enthält wie das »Fleisch« und daher nur der größere Farbstoffgehalt der Borke an solcher reiche Rinden minderwertig macht.

In den Ostalpen wachsen die besten Fichtenrinden auf warmen Kalk- oder Dolomitböden in Höhen von 600—900 m; kommt hinzu eine gute, sonnige Lage, so kann der Gerbstoffgehalt bis über 14 % steigen, während Fichten auf Urgebirgsboden und in Höhenlagen von 1300 bis 1500 m oft nur 6—8 % Gerbstoff in der Rinde führen. Hoehnel (42).

Aus diesen Verhältnissen erklärt es sich, daß die Angaben über den Wert und den Gerbstoffgehalt der Fichtenrinden so außerordentlich wechseln, und daß die Rinden in manchen Gegenden sehr geschätzt werden und in anderen ganz unbenutzt bleiben.

So enthalten die böhmischen und mährischen Rinden durchschnittlich nur 7 bis 9 % Gerbstoff. Man kann überhaupt als den mittleren Gerbstoffgehalt der Fichtenrinde 8 % annehmen, einen Gehalt, der es mit sich bringt, daß die Fichtenrinde als minderwertiges Gerbmaterial gilt und in der Regel, wenigstens für bessere und schwerere Ledersorten, nicht zum vollständigen Ausgerben, sondern nur zum Schwellen oder Vorgerben der Häute dient. In vielen Gegenden lohnen sich daher oft nicht einmal die Kosten der Schälung, und diese wird häufig nur vorgenommen, um die gefällten Stämme vor dem Stockigwerden zu schützen. Es wird daher die Fichtenrinde ihrer Billigkeit wegen oft gar nicht oder schlecht verwertet, und wenn sie dennoch in riesigen Mengen im Handel vorkommt, so ist dies hauptsächlich auf die große Verbreitung der Fichte zurückzuführen.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß die Art der Gewinnung der Fichtenlohe denkbar einfach ist. In tieferen Lagen werden die Stämme gewöhnlich im Winter gefällt und im Frühjahr geschält. In höheren Gebirgslagen dagegen findet die Fällung zur Saftzeit im Sommer statt, und die Rinde wird sofort abgenommen. Durch Anbringen von Ringelschnitten entstehen meterlange Stücke, die im Wald sofort getrocknet werden.

Niemals findet die Schälung am stehenden Stamm statt.

Was die äußere Beschaffenheit der Fichtenrinde anbelangt, so besteht sie aus gewöhnlich 2—8 mm dicken, großen, bis 2 m langen, flachen Stücken oder Röhren, die innen holzgelb oder bräunlich gefärbt und glatt, matt oder glänzend und fein langfasrig sind.

Außen zeigt sich eine gewöhnlich nur wenig mächtige Borkenschicht von hellerer Färbung. Die Borke ist bei jüngeren Rinden kaum 1 mm dick, kann aber bei älteren Rinden bis zu 1 cm dick werden. Die jüngeren Borken sind hellrötlich bis fast fuchsrot; der Geruch der Rinde ist harzig, balsamisch, der Geschmack bitter, aromatisch und verschieden stark adstringierend.

Am Lupenquerschnitt sieht man die Borkenschuppen, die sie trennenden feinen Korkschichten und das helle Fleisch, das sehr deutlich geschichtet und radial gestreift ist. Die Schichtung entspricht dem jährlichen Zuwachs der Rinde; die einzelnen Jahresschichten sind durch feine, rötlichbraune Linien voneinander getrennt. Die in der Rinde vorhandenen Harzgänge schwellen stellenweise bis über 2 mm breit

an. An solchen Stellen, besonders in der Borke, findet man linsenförmige Harzmassen. Der Querbruch der Fichtenrinde ist mehr oder weniger eben oder blättrig schuppig.

Mikroskopisch ist die Fichtenrinde besonders durch den Mangel an Bastfasern charakterisiert, ferner durch die stets einfachen, stabförmigen Kristalle von Kalziumoxalat und das Fehlen von verzweigten Sklerenchymelementen. Die meisten Fichtenrinden des Handels bestehen nur aus dem sekundären Bast, dessen äußerer Teil in die Borke übergegangen ist. Eine vollständige junge Fichtenrinde, die noch die Epidermis besitzt, zeigt folgenden Bau [v. Hoehnel (42)]:

1. Epidermis.

2. Eine Hypodermis, die manchmal fehlt und in der Regel aus 3—4 Schichten dickwandiger und langgestreckter Sklerenchymelemente besteht.

3. 3—5 Lagen eines dünnwandigen Rindenparenchyms, das von Korkschichten durchsetzt sein kann, wenn die Borkenbildung bereits eingetreten ist. Die Korklamelle besteht aus einigen Lagen weiter und dünnwandiger, lufterfüllter Korkzellen, innerhalb welcher noch 2—5 Schichten sehr stark verdickter, nicht verkorkter, aber zum Korkgewebe gehöriger Sklerenchymelemente (Phelloid) liegen. Weiter folgen 30—40 Lagen primären Rindenparenchyms, das besonders gerbstoffreich ist. Darin liegen nicht selten einfache Kristallschläuche, ferner Harzgänge. Weiter kommt nach innen die primäre Innenrinde, welche aus radialen Gruppen von Siebröhren, einfachen Kristallschläuchen und zartwandigem Bastparenchym besteht. Die sekundäre Rinde besteht aus meist einreihigen, gerbstoffreichen Markstrahlen. Sind sie mehrreihig, so enthalten sie meistens einen zentralen radialen Harzgang. Die sekundären Baststränge sind im Querschnitt viereckig und bestehen aus Siebröhren, Parenchym und Kristallschläuchen. Das Parenchym bildet einfache tangentiale, die Grenzen der Jahresringe bezeichnende Schichten und ist großlumig. Die Siebröhren sind zartwandig, tangential zusammengepreßt und stehen in kurzen Radialreihen.

Schließlich sei noch bemerkt, daß in neuerer Zeit aus der Fichtenrinde sehr viel Extrakt erzeugt wird, mit welchem auch Sohlleder ausgegerbt werden kann.

Die Fichtenrinde enthält Ellagsäure, Fichtenrindengerbsäure ($C_{21}H_{20}O_{10}$) Böttinger-Strohmer (178), Etti (179), Ameisensäure, Aschoff (180) und gegen 2 % Mineralstoffe.

Der Gerbstoff der Fichtenrinde ist eisengrünend wie der der meisten Nadelhölzer.

2. Hemlockrinde. Im nordöstlichen Teile der Vereinigten Staaten und in Kanada kommen noch jetzt, trotz der ausgedehnten Waldverwüstungen, große Nadelholzwälder vor, welche der Hauptsache nach aus der »Hemlock«- oder »Schierlingstanne«, »Hemlockspruce« (*Tsuga canadensis*) bestehen.

Die Rinde dieses Baumes gehört zu den wichtigsten Gerbrinden Nordamerikas und wird nicht nur in großen Mengen als solche nach Europa gebracht, sondern auch besonders in Form eines billigen Extraktes, Hemlockextrakt oder Millers Tannin genannt.

Sowohl die Rinde als das Extrakt sind durch eine rotbraune Farbe ausgezeichnet und erteilen dem Leder eine wenig beliebte Farbe und eine große Brüchigkeit. Nichtsdestoweniger wird die Rinde wegen ihrer Billigkeit stark angewandt. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß sie bei großer Dicke und starker Borkenbildung einen erheblichen Gerbstoffgehalt besitzt; ferner durch den merkwürdigen Umstand, daß, wie Eitner fand, die Borke in der Regel mehr Gerbstoff enthält als das Fleisch. Eine Rinde zum Beispiel, die durchschnittlich 10,1 % Tannin enthielt, zeigte im Fleisch nur 7,7 % und in der Borke 11,3 %. Bei der Gewinnung der Rinde [Thümen (181), v. Hoehnel (42)] wird diese meist nur teilweise von der Borke befreit, so daß das Handelsprodukt manchmal noch eine 1—2 cm dicke Borkenschicht aufweist. Äußerlich hat die Hemlockrinde eine gewisse Ähnlichkeit mit der Föhrenrinde. Die 1—3 cm dicken Borkenschuppen, die oft in vielen Lagen übereinanderstehen, sind in höchst auffallender Weise durch schöne rote Korklamellen voneinander getrennt. Das Fleisch ist gewöhnlich kaum 0,5 cm dick, fein geschichtet und faserfrei. Der Kork, der allein schon zur sicheren Erkennung dieser Rinde dienen kann, besteht aus papierdünnen, miteinander ab-

wechselnden weißen und roten Schichten. Die Korkzellen sind meist sehr dünnwandig und enthalten lagenweise ein kochenillerotes Harz, während die weißen Schichten lufterfüllt sind. Durch lokale Auflösung von Gruppen der weißen Korkzellen entstehen lysigene Harzlücken, welche zugleich die einzigen Harzbehälter in der ganzen Rinde sind.

Die Rinde enthält weder Fasern noch Kristalldrusen. Die Oxalatkristalle sind lang, stabförmig und liegen einzeln oder zu wenigen in stark axial gestreckten, zartwandigen Schläuchen. Sehr charakteristisch ist das Auftreten von großen, eigentümlich verzweigten Spikularelementen mit dicker, deutlich geschichteter, sehr poröser Wandung. Der Gerbstoff der Hemlockrinde ist eisengrünend und wird mit Kalilauge braun. Er wird Hemlockrindengerbsäure genannt und hat die empirische Formel $C_{20}H_{18}O_{10}$. [Böttinger (182)].

3. Weniger wichtige Nadelholzrinden. Neben der Fichten- und der Hemlockrinde gibt es noch eine ganze Reihe von Nadelholzrinden, die aber aus verschiedenen Gründen von geringerer Bedeutung sind. Hierher gehört z. B. die Lärchenrinde von *Larix europaea,* welche im allgemeinen gerbstoffreicher ist als die Fichtenrinde, aber wegen der relativen Seltenheit des Baumes und des größeren Wertes seines Holzes und wohl auch wegen der frühzeitigen und starken Borkenbildung wenig angewandt wird. Die Lärche ist ein Gebirgsbaum und daher wird die Rinde hauptsächlich in den Alpen und Karpathen als Gerblohe verwendet; wo sie in entsprechender Menge zu haben ist, wird sie der Fichtenrinde vorgezogen. Sie enthält durchschnittlich mindestens 9—10 % Gerbstoff. Der Tanningehalt des Bastes soll aber bis 16 % steigen. Schon im achten Jahr bildet die Lärche Borke. Im Bau stimmt die Lärchenrinde mit der Fichtenrinde im allgemeinen überein, erstere ist aber sofort durch den kochenilleroten Inhalt der Korkzellen, der der ganzen Rinde eine charakteristische rote Färbung erteilt, und durch die im Rindengewebe massenhaft vorhandenen verzweigten Spikularelemente, die sehr dickwandig, aber porenarm sind, zu unterscheiden.

Im Gegensatz zur Lärchenrinde ist die Tannenrinde (von *Abies pectinata*) fast borkefrei. Ihr Gerbstoff ist eisenbläuend (der einzige bekannte Fall bei Nadelhölzern) und scheint in der Regel nur in geringer Menge in der Rinde vorzukommen. Der mittlere Gerbstoffgehalt der Tannenrinde dürfte etwa 5 % betragen, deshalb wird sie für sich allein kaum zum Gerben verwandt, sondern stets nur im Gemenge mit stärkerem Material, so in den Alpen und in Rußland. Durch die schwache Borkenbildung, die silbergraue Korklage und die im primären Rindenparenchym massenhaft vorkommenden verzweigten kleinen Spikularelemente ist die Tannenrinde leicht von den anderen Nadelholzrinden zu unterscheiden. Überdies zeigt die Innenrinde der Tanne noch auffallende Schleimschläuche. Noch glatte Tannenrinden zeigen häufig bis nußgroße sogenannte Harzgallen, die mit einer klaren und reinen Terpentinmasse (Straßburger Terpentin) erfüllt sind.

In Südeuropa sowie in Algier ist das wichtigste Nadelholz zur Gerbrindengewinnung die Aleppokiefer, *Pinus halepensis.* Schon in Dalmatien bildet dieser Baum ganze Wälder. Er liefert zwei im Handel unter verschiedenen Namen vorkommende Rinden, die Snoubarrinde und die Skorzarossa. Erstere besteht hauptsächlich aus dem Fleisch der Rinde und wird in Algier und Tunis gewonnen, wo der Baum Snoubar el Magloub heißt. Die Skorza rossa, auch Corteggia rossa oder Pino rosso genannt, wird von Dalmatien bis Südfrankreich gewonnen. Dieses Gerbmaterial scheint schon zu Zeiten Theophrasts angewandt worden zu sein. Beide Rindensorten sind kräftige Gerbmaterialien, sind aber dabei sehr farbstoffreich und erteilen dem Leder einen roten Ton. Die Skorzarossarinde enthält nach Eitner 13—15 % Gerbstoff, während die Snoubarrinde bis 25 % führt. Die Skorzarossa besteht aus verschieden großen Borkenstücken und ist in Bau und Aussehen der Schwarzföhrenrinde sehr ähnlich. Die Snoubarrinde bildet bis 1 cm dicke scherbenartige Stücke von rotbrauner Färbung.

In Nordamerika spielt neben der Hemlockrinde auch noch die Rinde der White Spruce, *Picea alba,* eine gewisse Rolle, welche in der Beschaffenheit, im Bau und im

Wert der Fichtenrinde nahe kommt. In den Vereinigten Staaten war lange Zeit die Rinde von *Tsuga canadensis* Carr. ein beliebtes Gerbmittel, aus der auch ein Gerbextrakt hergestellt wurde. Letzteres wird anscheinend oft durch den in der Farbe ähnlichen Mangrove-Extrakt verfälscht. — Die amerikanischen Waldbestände sind durch Raubbau so zusammengeschmolzen, daß die Gerbstoffgewinnung sehr zurückgegangen ist. Während des Weltkrieges waren die Amerikaner eifrig bemüht, die Pflanzenwelt ihrer asiatischen Kolonien, besonders der Philippinen nach geeigneten Gerbrinden zu durchforschen. Außer der »Camambilarinde« (*Pithecolobium dulce* Benth.) haben folgende Baumrinden einen Gesamtextrakt mit Beziehung auf die Trockensubstanz ergeben:

Pinus insularis	6,6 %
Pterocarpus Vidalianus .	41,9 %
Calophyllum inophyllum	16,9 %
Bauhinia malabarica . .	22,8 %
Canarium luzonicum . .	11,2 %
Quercus spec.	22,4 %

Für Gerbzwecke im großen Stile eigneten sich besonders die Rinden von *Pinus* und *Calophyllum,* namentlich die letztere übertraf die »Camambilarinde«. Von den anderen Rinden lieferten namentlich *Pterocarpus Vidalianus* und *Canarium luzonicum* ein gutes Leder. Gana (26).

Von ausländischen Nadelholzrinden wäre noch die »Toa-Toa« zu erwähnen, welche nicht nur in ihrer Heimat in Neuseeland ein wichtiges Gerbmaterial darstellt, sondern auch manchmal teils in Form von flachen, dicken Rindenstücken von ziemlicher Größe, teils fein gemahlen als dunkles, glänzendes, fasriges Pulver nach Europa kommt. Sie enthält über 23 % Tannin und stammt von *Phyllocladus asplenifolia* in Tasmanien und *Ph. trichomanoides* in Neuseeland. Der Bau der »Toa-toa«-Rinde, auch »Kiri toa-toa« oder »Tane hakibark« [Bernardin (131)] genannt, ist der einer Cupressineenrinde.

4. Birkenrinde. Die verschiedenen in Europa und Nordamerika vorkommenden Birken liefern Rinden, die obwohl nur gerbstoffarm, doch wegen ihrer hellen Färbung in der Gerberei angewandt werden, besonders in nördlichen Ländern. So hat die Rinde der Weißbirke für Finnland (155), Lappland, Norwegen und besonders Rußland eine hervorragende Bedeutung. Doch wird sie auch in Deutschland und Frankreich angewandt.

Meist dient sie nur zum Vorgerben, doch soll nach Hartig (183) in Rußland Juchtenleder damit ganz ausgegerbt werden.

An der Birkenrinde kann man den weißen lederartigen Kork und die innere Rinde unterscheiden, wenn das Produkt eine Dicke von 1—2 cm erreicht hat. Nur die letztere dient zum Gerben. Sie enthält im Mittel kaum mehr als 3 % Gerbstoff (nach Gauthier bis 5,5%) v. Hoehnel (42). Der weiße Kork dient zur Abdestillierung des sog. Birkenteeröls, auch Juchtenöl oder »Döggut« genannt, das zum Einschmieren des Juchtenlederns dient und diesem den charakteristischen Geruch erteilt. Juchtenöl wird gegenwärtig nicht nur in Rußland, sondern auch in Deutschland, Frankreich, England und Nordamerika erzeugt. Der Juchtenteer ist ein Produkt der trocknen Destillation, das seine charakteristischen Eigenschaften dem im Birkenkork enthaltenen Betulin (fast 50%) verdankt. v. Hoehnel (184).

Nach Wheeler (185), Reichardt (186), Wehmer (116) enthält die Birkenrinde im weißen Periderm nur 10 bis 12 % Birkenkampfer (Betulin) $C_{36}H_{60}O_3$. In dem übrigen Rindengewebe sind außer 3—4 % Gerbstoff noch Gallussäure, 6,8 % Xylan und Phlobaphen enthalten. Salizin, Populin und Betulase fehlen.

Die Birkenrinde wird dem stehenden oder gefällten Stamm entnommen. Die Schälung geht leicht von statten. Die Zweigrinde sowie die schwarze Steinborke alter Stämme oder der Stammbasen sind ohne Wert. Die Handelsware besteht aus flachen, harten, gelbbraunen Stücken von 0,5—2 cm Dicke. Die Rinde ist außen und innen glatt und eben. Der Bruch ist grobkörnig und ziemlich eben. Stellenweise sitzt gewöhnlich noch etwas Kork auf, der durch seine blättrige Struktur und weiße Farbe charakteristisch ist.

Anatomisch ist die Rinde durch die zahlreichen großen, fast parallelepipedischen Sklerenchymklumpen ausgezeichnet, die in vielen Lagen regelmäßig angeordnet sind. Unter der Korkschicht liegen etwa 20 Schichten von Phellodermzellen, die oft sklerotisiert sind. Bastfasern feh-

len. Ebenso fehlen Kristalldrusen, indem das Oxalat nur in einfachen Kristallen vorkommt, die meist den Sklerenchymklumpen angelagert sind.

Die Rinde der amerikanischen *Betula lenta* L. ist anatomisch (vom Kork abgesehen) von der europäischen Birkenrinde kaum verschieden. Im Kork fehlt jedoch das Betulin. Gauthier (187).

Sie wird in Nordamerika »Chessybirch« oder »Blackbirch« genannt und enthält ein ätherisches Öl (Birkenrindenöl, s. d.).

Der Gerbstoff der Birkenrinde ist eisengrünend.

5. Erlenrinden. Unsere Erlen, besonders die Schwarzerle, *Alnus glutinosa,* und die Weiß- oder Grauerle, *A. incana,* liefern Rinden mit hohem Gerbstoffgehalt. Er schwankt nach Eitner (188) zwischen 16 und 20 %. Nichtsdestoweniger werden die Erlen im allgemeinen nur wenig zur Gerbrindengewinnung herangezogen, weil sie sehr viel eines in Wasser löslichen roten Farbstoffes enthalten, der das Leder intensiv färbt und brüchig macht. Die Hauptanwendung finden die Erlen in Ost- und Südosteuropa. Besonders scheinen sie in manchen Teilen Rußlands, in Ungarn, Slavonien [Danhelofsky (189)], Kroatien und Serbien, sowie in der Türkei, namentlich in kleineren Gerbereien, stark angewandt zu werden.

Mit andern, bessern Gerbmaterialien gemischt dürften indessen die Erlenrinden wegen ihres hohen Gerbstoffgehalts einer intensiveren Verwendung fähig sein, namentlich könnten sie zur Extraktbereitung herangezogen werden, wobei der Farbstoff ja leicht ausgeschieden werden könnte. Die Erlen bilden ziemlich spät Borke, man findet noch 0,5 cm dicke Rinden, die außen ganz glatt und borkenfrei sind. Jüngere Rinden [v. Hoehnel (42)] zeigen, mit der Lupe betrachtet, außen eine dünne braune Korkschicht, dann folgt eine braune Rindenparenchymlage, dann ein für diese Rinde ganz charakteristischer Sklerenchymring.

Das nun folgende innere primäre Rindenparenchym sowie die Innenrinde ist reich an Steinklumpen. Bastfasern kommen nur in der primären inneren Rinde, und zwar sehr spärlich, vor, daher ist der Bruch der Erlenrinde körnig und kurz. Die Rinde hat einen bittern und stark adstringierenden Geschmack. Infolge der Faserarmut lassen sich die Erlenrinden sehr leicht zu einem feinen Pulver mahlen. Höchst charakteristisch ist der Umstand, daß die größeren Markstrahlen der Rinde sehr stark sklerotisch sind und daher auf der Innenseite in Form von langen Markstrahlkämmen ganz so wie bei den Spiegelrinden vorragen. Manchmal sind in der Tat jüngere Erlenrinden den Spiegelrinden sehr ähnlich. Der Hauptunterschied zwischen beiden besteht in dem Faserreichtum der letzteren, weshalb der Bruch der Spiegelrinden grobfasrig, der der Erlenrinde körnig ist.

In mikroskopischer Beziehung sind die Erlenrinden noch dadurch ausgezeichnet, daß das Kalziumoxalat nicht nur in Form von Drusen und einfachen Kristallen, sondern auch in zahlreichen kleinen Körnern, welche die sogenannten Körnerschläuche ganz ausfüllen, vorkommt. Der Gerbstoff der Erlenrinden ist eisengrünend und gibt mit Kalilauge eine rotbraune Färbung.

Die beiden Hauptarten der Erlenrinden, die der Schwarz- und der Grauerle, sind schwer voneinander zu unterscheiden: nachdem aber beide als gleichwertig betrachtet werden können, hat ihre Unterscheidung auch bisher keine praktische Bedeutung.

Im allgemeinen dürfte die Schwarzerlenrinde weiter verbreitet sein als die Grauerlenrinde. Sie ist auch wegen der bedeutenderen Größe ihrer Stammpflanze wichtiger.

In der Erlenrinde ist ein Glukosid enthalten, das sich in Erlenrot [Dreikorn und Reichardt (190)] und Zucker spaltet.

6. Die mitteleuropäischen Eichenrinden. Die in Mitteleuropa vorkommenden Eichenarten, sämtlich sommergrün, liefern ausgezeichnete Gerbrinden. Sie werden nicht nur auf Rinde als Nebenprodukt und auf Holz als Hauptprodukt ausgenutzt, sondern namentlich in neuerer Zeit vielfach nur der Rinde wegen in eigenen Schälwäldern kultiviert. Folgende vier Eichenarten kommen hierbei in Betracht: 1. die Stieleiche, auch Sommereiche genannt, *Quercus pedunculata,* die auch die wichtigen Knoppern liefert; 2. die Traubeneiche, *Qu. sessiliflora,* auch Winter- oder Steineiche genannt; 3. die Wolleiche,

Qu. pubescens, auch als Schwarz- oder Weißeiche bezeichnet, und 4. die Zerreiche, *Qu. cerris.* Die Stieleiche ist ein Baum der Ebene, während die übrigen Arten bergige Gegenden vorziehen. Die zwei erstgenannten Eichen bilden im eigentlichen Mitteleuropa geschlossene Wälder und gehen am weitesten nach Norden. Die Zerreiche hat ihre Heimat mehr im südöstlichen Teil von Europa und findet ihre Westgrenze bei Wien. Die Wolleiche bildet nur im Süden, z. B. in Krain und im Küstenlande, geschlossene Bestände, sonst kommt sie fast nur vereinzelt vor.

Daher sind für Mitteleuropa nur die beiden erstgenannten Eichenarten von größerer Wichtigkeit und werden in ausgedehnten Beständen gezüchtet, während die Zerreiche nur in Ungarn in Schälwäldern kultiviert wird. Sie bildet schon nach 10—15 Jahren Borke, während die drei anderen Eichenarten oft bis zum 25. Jahre eine glatte, borkefreie Rinde haben und daher zur Schälwaldkultur besser geeignet erscheinen, da die borkefreie Rinde reicher an Gerbstoff, und, weil ärmer an dem rotbraunen Phlobaphenfarbstoff, auch heller ist. Die Eichenschälwälder sind eine deutsche Kulturart. Sie wurden am Rhein, besonders in den sog. Siegener Haubergen in Westfalen schon vor 5—600 Jahren angelegt. Vom Rhein aus verbreitete sich diese Kulturart nach Holland, Belgien, Frankreich und England; später auch nach Hannover, Preußen, Bayern und Franken oder Württemberg, gegenwärtig ist sie über fast ganz Mitteleuropa verbreitet. Schließlich kam die Schälwaldindustrie auch nach Österreich, wo, und zwar in Niederösterreich bei Aspern a. d. Zaya, 1840 der erste Eichenschälwald angelegt wurde. Nun kam Ungarn, das früher, als die großen Eichenwälder noch bestanden, außerordentlich reich an Gerbmaterialien war, auch an die Reihe. In Ungarn wurden 1860 die ersten Eichenschälwälder großen Umfanges im Waag-, Gran- und Neutratale angelegt. Ursprünglich etwas primitiv, ist diese Kulturarbeit auch in Ungarn immer wichtiger geworden, und es gelangen heute bedeutende Mengen von ungarischer Eichenrinde zur Ausfuhr, während früher fast nur Knoppern und andere Gallen ausgeführt wurden. Auch in Kroatien und Slawonien, das früher nur Knoppern usw. produzierte, gibt es jetzt Eichenschälwälder. Mit dem Verschwinden der ursprünglichen großen ungarischen Eichenwälder in Österreich-Ungarn (es waren hauptsächlich Sommereichenbestände) wurden auch die Knoppern, die bis 1860 das Hauptgerbmaterial (neben Fichtenrinde) waren, immer seltener und teurer. Hierdurch war man gezwungen, Schälwälder einzurichten, die ein viel besseres Gerbmaterial ergeben, das ein weicheres und homogeneres Leder liefert (191). Heute spielen die ungarischen Schälrinden eine viel größere Rolle als die Knoppern.

Von den Eichen gewinnt man also zweierlei Rinden. Die in den Schälwäldern gewonnenen sind dünn, meist borkefrei und heißen Glanz- und Spiegelrinden, und die heute weniger häufig gewonnene Rinde älterer Stämme, bei denen die Holznutzung die Hauptsache ist; diese Rinde ist mehr oder weniger borkig, dicker und heißt Grob- oder Altholzrinde.

Sie kommt entweder mit der Borkenschicht (als bedeckte oder ungeputzte Rinde) zum Gebrauch, oder die Borkenschicht wird abgenommen, dann heißt die Rinde geputzt.

Betrachten wir zunächst die Rindengewinnung in den Schälwäldern. Die Eichenschälwälder sind Jungholzwälder mit einer 14—20jährigen Umtriebszeit. Die Hölzer bestehen aus höchstens 10—15 cm dicken, glattrindigen Stämmen (Stangen), die meist sehr dicht stehen, so daß auf das Hektar 6000—10 000 Stangen kommen. Diese werden entweder aus Samen [Neubrand (77), v. Hoehnel (42), Gayer (192), Hempel (193), Wessely (117), Kirwan (194), v. Seckendorff (102), (letztere beiden Arbeiten beziehen sich auf die Rindengewinnung in Frankreich, wo jährlich 40—50 000 000 kg Spiegelrinden erzeugt wurden)] oder, und zwar häufiger, aus Stockausschlägen gezogen. Häufig werden zwischen den Stangen, die dann meist in Reihen stehen, Hackfrüchte wie Kartoffeln oder Mais gepflanzt (Hackwaldbetrieb). Hackwälder sollen eine bessere Rinde liefern, was sich aus der größeren Lichtstellung der Stangen und der Düngung der Hackfrüchte erklärt. Manchmal wird, um dickeres Holz zu ge-

winnen, statt der 14—20jährigen eine 20 bis 35jährige Umtriebszeit angewandt. Dann erhält man etwas dickere, schwach borkige, schlechtere Rinde (Pfeifenborke).

Das Schälen der Eichenstangen geschieht zur Saftzeit, die meist in den Monat Mai fällt und sich durch das Aufspringen der Laubknospen kundgibt. Es geschieht meist an den stehenden Stangen. Seltener werden die Bäume gefällt und dann entrindet. In diesem Fall dürfen nicht mehr Stangen gefällt werden, als sofort geschält werden können, weil sie leicht trocken werden und dann die Entrindung schwer und mangelhaft erfolgt. Manchmal schlägt man einen Mittelweg ein, indem die Schälung bis etwa 2—3 m hoch am stehenden Stamme geschieht und dann die Fällung zur Entrindung der obersten Partien und der Äste vorgenommen wird. Gewöhnlich wird bei der Schälung am stehenden Stamm dieser erst von den Seitenästen und Zweigen, Knospenausschlägen usw. befreit, dann unten, mitten und oben geringelt, worauf ein etwa 2 cm breiter Längsstreifen der Rinde abgezogen wird, was man als das Vorreißen bezeichnet.

Nach dem Vorreißen kann die Rinde mit dem Schäleisen (Lohschlitzer genannt) meist leicht abgehoben werden. Die oberen Teile der Stangen werden entweder mit Hakenstangen herabgebogen und geschält, oder es werden kurze Leitern hierzu angewandt.

Es finden also im ganzen drei Operationen statt: das Ringeln und Vorreißen, das Unten- und das Obenschälen. Diese werden gewöhnlich durch drei den Wald durcharbeitende Rotten von Leuten besorgt. Die Rinde der Zweige ist erfahrungsgemäß weniger gerbstoffhaltig und wird daher nicht immer gewonnen. Wenn dies aber geschieht, wird sie als eigene, geringere Sorte behandelt. Am Taunus (auch in Frankreich) bleibt die Rinde an den Stangen hängen, indem man sie am oberen Ende nicht ganz ablöst. Man läßt sie dann in diesem Zustand bis zum Lufttrockenwerden. Gewöhnlich aber wird sie ganz abgenommen und im Freien auf Hürden, die aus geschälten Stangen gemacht werden, »waldtrocken« gemacht. Nach etwa einer Woche ist die Rinde soweit getrocknet, daß man sie in etwa meterlange Stücke schneiden und mit Wieden (gedrehten Zweigen) in Bündel binden kann. Im waldtrocknen Zustande hat die Rinde noch immer 40—50% Wassergehalt. Sie muß bald in trockne und luftige Räume gebracht werden, wo sie nach etwa einem Monat markt- und gebrauchsfähig wird. Angeblich macht sie hierbei eine Art von Gärung durch, was aber nicht erwiesen ist.

Das Schälen der Eichen geht nicht immer glatt vonstatten. Namentlich die Zerreiche, die stark in das Holz hinein vorspringende Markstrahlkämme in der Rinde besitzt, ist oft schwer zu schälen und liefert daher eine minderwertige Rinde. Am leichtesten sind die Woll- und die Traubeneiche zu schälen; sonst muß durch Klopfen mit einem Holzhammer nachgeholfen werden. Hierbei leidet die Rinde jedoch immer. Geklopfte Rinde ist minderwertig. Besonders wenn zur richtigen Schälzeit Regenwetter eintritt und daher das Schälen später vorgenommen werden muß. Wo es schwieriger vonstatten geht, muß viel geklopft werden. Schlecht wird die geklopfte Rinde, wenn sie beregnet wird. Sie verliert dann noch mehr an Gerbstoff, schimmelt leicht und erhält auch ein minderwertiges Aussehen.

Wird die Schälung aus irgendeinem Grund zu einer ungünstigen Jahreszeit vorgenommen, so kann dies mit Hilfe des zuerst von J. Maitre geübten Verfahrens nach der Dämpfung der Stangen oder Äste geschehen. J. Maitres Verfahren, das später durch Nomaison verbessert wurde, arbeitet mit trocknem (überhitztem) Waserdampf, wobei angeblich kein Gerbstoffverlust eintritt. Die gedämpften Stämme lassen sich sehr leicht schälen, sie liefern zwar ein Produkt, das weniger schön aussieht, aber nach Wohmann. Neubauer und Lotichius (195) und v. Seckendorff (102) ebenso gut ist. Auch sollen die Kosten des Dämpfverfahrens für den Betrieb nicht ungünstig sein.

Auch die Eichengrobrinde oder Altholzrinde wird wie die Spiegelrinde entweder dem stehenden oder dem gefällten Stamm entnommen. Der stehende Stamm wird zuerst entästet, geschält und bleibt dann bis zum Winter zur Fällung stehen. Wird im Mai gefällt, so muß die Entrindung sofort, und zwar nach Möglichkeit ohne Klopfen, vorgenommen werden. Sehr

häufig, ja meist, wird die Grobholzrinde vor dem Schälen von der Borke befreit, also geputzt. Selten wird das Putzen erst in der Gerberei besorgt. [Wessely (149)]. Der Putzverlust ist je nach der relativen Dicke der Borke sehr verschieden, nach Geyer 20—30, nach Neubrandt 50 bis 80 %.

Der Wert der geschälten Rinde hängt von den verschiedensten Einflüssen, vom Boden und von der eventuellen Düngung, vom Klima, von der Exposition des Waldes, der Lichtstellung, der Umtriebszeit, dem Monat der Schälung usw. ab.

Nach Wessely (149) liefert ein trockner warmer Boden eine bessere Rinde als ein kalter, feuchter. Rasch gewachsene Schläge liefern nach Gayer die beste Rinde. Nach Wolfs Analysen haben in der Tat rascher gewachsene Stangen mehr Gerbstoff in der Rinde als gleichaltrige, aber dünnere (15,26, 14,04 und 13,43 % Gerbstoff). Daher erscheint es verständlich, warum alle jene Faktoren (Lichtstellung, Düngung, Bodenbeschaffenheit usw.), die das Wachstum beeinflussen, auch den Gerbstoffgehalt der Rinde berühren. Stehen die Stangen dicht, so werden die beim Lockerpläntern ausgehauenen Stämme ein schlechteres Produkt liefern als die später im Lichtstand erwachsenen Bäume. Daß südliche oder östliche Exposition, wärmeres Klima bessere Produkte liefern werden, ist klar. Doch hängt viel von der Sorgfalt der Kultur und ihrem Alter ab. Mit Berücksichtigung dieses Momentes erscheint es verständlich, daß der Reihe nach die englischen, Mosel-, Rheingau-, Saargebiets- und Odenwald-Rinden besser sind als die österreichischen und ungarischen Rinden, abgesehen davon, daß in Ungarn häufig die minderwertige Zerreichenrinde gezogen wird. Nach Wessely (149) verhalten sich der Güte nach die norddeutschen, mitteldeutschen und niederösterreichischen Rinden wie 4—5 : 5—6 : 6—7, danach wären also die österreichischen Rinden die besten, was aber mit den Ergebnissen der chemischen Analysen nicht im Einklang steht und zeigt, wie verschieden in der forstlichen und Gerbereipraxis die Rinden beurteilt werden.

Im allgemeinen scheint der Gerbstoffgehalt der Rinden im Laufe des Jahres nicht sehr zu schwanken, im Sommer jedoch größer zu sein als im Winter und Herbst.

Nach Davy enthält eine Rinde im Frühjahr 6,04 %, im Herbst 4,37 % Gerbstoff; nach J. Oser (196) bleibt dagegen der Gerbstoffgehalt zweijähriger Zweige das ganze Jahr hindurch sehr konstant. Einflußreicher auf den Gerbstoffgehalt der Rinde ist ihr Alter. Jüngere, noch glatte Rinden enthalten stets am meisten Gerbstoff. Zweigrinden sind immer viel gerbstoffärmer als Stammrinden. Mit der Borkebildung tritt eine bedeutende Verminderung des Gerbstoffgehalts der Gesamtrinde ein. Die Borke hat nämlich nach E. Wolfs Analysen im Mittel nur 6—7 %, während das Fleisch, d. i. der lebende Teil der Rinde, 14—15 % Gerbstoff enthält. Nach demselben Chemiker ändert sich der Gerbstoffgehalt des lebenden Teiles der Rinde mit deren Alter kaum. 50 jährige Rinden enthalten im Fleisch ebensoviel Gerbstoff wie 15 jährige, daher ist eine gut geputzte Altholzrinde fast ebenso reich wie eine Spiegelrinde und wird dieser wohl des billigeren Preises wegen öfters vorgezogen. Wenn die Spiegelrinde trotzdem in der Regel den Vorrang erhält, so liegt der Grund wohl hauptsächlich im geringeren Farbstoffgehalt, der auf das Leder wesentlichen Einfluß hat.

Auch von der Eichenart hängt die Güte der Rinde ab. Im allgemeinen liefert die Zerreiche die schlechteste Rinde, weil sie frühzeitiger Borke bildet, gerbstoffärmer und infolge der stark vorspringenden Markstrahlenkämme schwerer schälbar ist: sie zeigt daher häufig Klopfstellen (sog. Brandflecke) und ein minderwertiges Aussehen.

Die Wolleiche kommt fast nie in reinen Beständen vor und wird wohl nie in Schälwäldern eigens gepflanzt. Was ferner die vielumstrittene Frage nach der relativen Qualität der Stiel- und Traubeneichenrinde anlangt, so sind diese beiden Rinden im allgemeinen gleichwertig. Daher liefert jede der beiden Eichenarten dort die bessere Rinde, wo sie besser gedeiht. Die Stieleiche ebener Gegenden wird vorgezogen (z. B. im Norden und Nordosten von Deutschland, in Slawonien), während in Gebirgsgegenden (z. B. am Mittelrhein, an der Mosel, Saar usw.) wieder die Trauben-

eiche beliebter ist und tatsächlich auch die bessre Rinde liefert. Nach Gayer herrscht in den Schälwäldern im allgemeinen die Stieleiche vor.

Nach den vielen Hunderten ausgeführter

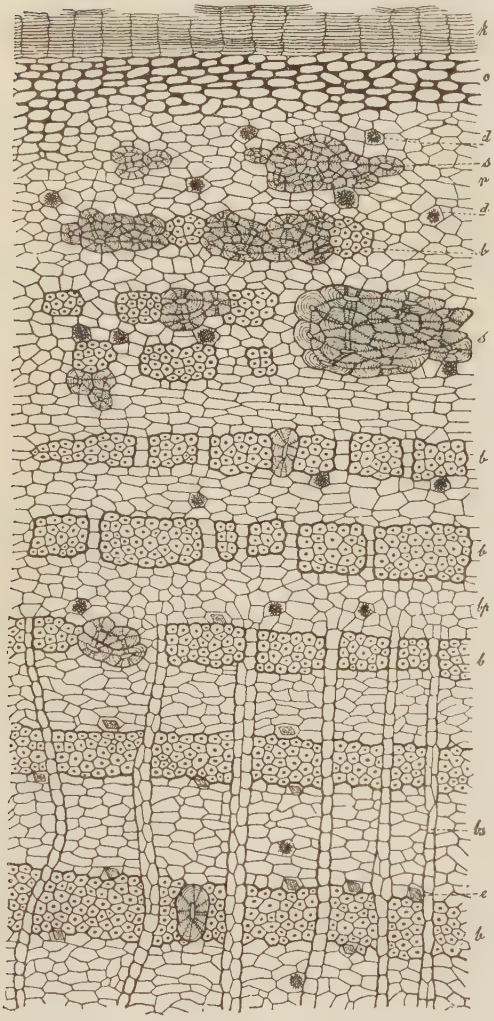


Abb. 1.
Querschnitt durch Eichenrinde (halbschematisch). *k* Korkschicht. *c* kollenchymatisches Parenchym. *d* Drusenschläuche. *r* Parenchym. *s* Steinelemente. *b* Bastfasern. *bp* Bastparenchym. *e* einfache Kristallschläuche. Vergr. etwa 80 mal. (Nach Luerssen.)

chemischer Analysen von Eichenrinden enthalten die von der Stieleiche durchschnittlich 13,39 % Gerbstoff und die von der Traubeneiche 12,06 %. Dieser Unterschied ist im Hinblick auf die Mangelhaftigkeit besonders der älteren Analysen und die Unsicherheit, die die Gerbstoffanalysen überhaupt haben, zu gering, als daß man daraus sichere Schlüsse auf den relativen Wert von Stiel- oder Traubeneiche ableiten könnte.

Im Handel unterscheidet man in der Regel vier Sorten von Eichenrinden: 1. »Spiegel- oder Glanzrinden«, diese sind außen glatt, borkefrei und rühren von Stangen von unter 10 cm Dicke her; 2. die »Raitelrinde« oder rissige Stangenrinde (auch »Raidelrinde«, »Rauhrinde« oder »Pfeifenborke« genannt), die dünne Borkeschichten und Längsrisse aufweist und von 10—20 cm dicken Stangen herrührt; 3. die »rauhe Stammborke«, »rauhe Grobrinde« (»ungeputzte Altholzrinde«), von älteren dicken Stämmen, mit der Borke; wird die Borke entfernt, so erhält man 4. die »geputzte Grobholzrinde«.

Sowohl nach den Analysen wie nach praktischen Erfahrungen steht es fest, daß der Gerbstoffgehalt der Rinde gegen die Wurzel hin zunimmt. Daher zerfallen Spiegel- und Raitelrinde in Erd-, Mittel- und Gipfelgut, je nachdem die Rinden von unten, mitten oder oben am Stamm herrühren. Das Gipfelgut ist am gerbstoffärmsten. Nach Wolfs Analysen enthielten vier 14—15jährige Stangen vom Wurzelende gegen den Gipfel zu 15,8, 13,4, 12,05 und 11,58 % Gerbstoff.

Die äußeren Eigenschaften und Kennzeichen der Eichenrinden sind verschieden, je nach ihrem Alter. Allen gemeinsam ist die charakteristische Beschaffenheit der Innenseite, die grobstreifig und so wie die Buchen- und Erlenrinde mit langen vorspringenden Markstrahlkämmen versehen ist. Der Querbruch ist faserig. Die Spiegelrinden haben außen eine glatte, glänzende Peridermschicht, die hie und da vorspringende Wärzchen von heller Farbe zeigt, die, von den Praktikern »Pocken« genannt, die Lentizellen darstellen. Ältere Rinden zeigen dünnere oder dickere Borkenschuppen, deren Außenfläche je nach dem Alter der Rinde sehr verschieden gestaltet ist.

Die Rinden der vier Eichenarten sind nur im Alter und nur teilweise voneinander zu unterscheiden. Die Borkeform der Zerreiche ist sehr charakteristisch beschaffen und leicht von der der anderen Eichenarten zu unterscheiden. Auch jüngere Zerreichenrinden sind zu erkennen, besonders an dem größeren Reichtum an

Sklerenchymklumpen und den weiter vorspringenden Markstrahlkämmen. Dagegen sind die übrigen Eichenrinden als Spiegelrinde nicht voneinander zu unterscheiden. Auch mikroskopisch können sie nicht sicher voneinander getrennt werden.

Was den anatomischen Bau der Eichenrinden anlangt, so stimmen die vier Eichen so sehr überein, daß eine gemeinschaftliche Darstellung genügen dürfte. Die Spiegelrinden zeigen außen eine Peridermschicht, die aus 15—20 Korkzellschichten besteht. Die Korkzellen sind flach tafelförmig, klein und derbwandig, die äußersten Lagen inhaltsleer, die inneren besitzen einen roten Phlobapheninhalt. Unter dem Kork liegen einige Schichten flacher, chlorophyllreicher Phellodermzellen, dann folgt ein 15—20 schichtiges primäres Rindenparenchym. In diesem sind zahlreiche teils einzelnstehende, teils in Klumpen angeordnete Sklerenchymelemente sowie Kristallschläuche eingelagert. Letztere, teils dick-, teils dünnwandig, enthalten entweder einfache Kristalle oder Drusen. Höchst charakteristisch ist der gemischte Sklerenchymring, der aus primären Bastfasern, kurzem Sklerenchym und angelagerten Kristallschläuchen besteht. In ganz jungen Rinden ist der Sklerenchymring geschlossen, in älteren gesprengt. Innerhalb der Sklerenchymrings befinden sich 20—30 Lagen von primärem Bastparenchym mit schmalen Siebröhrensträngen, einzelnen Kristallschläuchen und Bastfasern. Das Gewebe der sekundären Innenrinde besteht aus abwechselnden Schichten von Hart- und Weichbast. Der Hartbast ist aus Bündeln oder Gruppen von 2 bis 70 sehr dickwandigen, schmalen und langen Bastfasern gebildet, welche Bündel außen und innen mit einer Schicht von Kristallkammerfasern bekleidet sind. Der Weichbast besteht aus Bastparenchym, das englumig und axial gestreckt ist, und aus Gruppen von weitlumigen Siebröhren. Der sekundäre Bast ist von zweierlei Markstrahlen radial durchbrochen. Die Mehrzahl ist klein, ein- bis mehrreihig und 1 bis 20 Zellen hoch; daneben aber kommen große vielreihige und oft viele Zentimeter hohe sklerotische Markstrahlen vor, die tief in die Oberfläche des Holzkörpers eindringen. Auch im Weichbast kommen häufig Sklerenchymklumpen und einzelne Steinelemente sowie Kristallschläuche vor.

Das Parenchym ist stärke- und gerbstoffreich. Der Gerbstoff ist eisenbläuend und wird mit Kalilauge braun.

Die Güte- oder Wertbestimmung der Eichenrinden nach äußeren Merkmalen ist sehr unsicher. Ausschlaggebend ist nur die chemische Analyse. Gute Glanzrinde darf keine Sprünge oder Risse aufweisen und muß ganz borkefrei sein. Sie soll sich fettig anfühlen. Reichlich und üppig entwickelte Lentizellen (Pocken) sind ein gutes Zeichen. Das Fleisch der Rinde soll körnig und faserarm sein. Eine faserreiche Rinde ist gerbstoffärmer und schwerer zu zerkleinern. Flecken, Klopfstellen, Wunden aller Art, Schimmelbildung usw. sind Zeichen einer schlecht behandelten und minderwertigen Rinde. Der Bruch muß kurzfasrig und körnig sein. Der Geschmack einer unverdorbenen Rinde ist anfangs süßlich und dann anhaltend adstringierend. Sofort bitter schmeckende Rinden sind meist verdorben.

In chemischer Beziehung sind die Eichenrinden vielfältig untersucht worden. (Siehe Abschnitt: Chemie der Gerbstoffe.)

7. Die südeuropäischen Eichenrinden. Der südliche Teil von Europa und Nordafrika, besonders Algier, liefern verschiedene wertvolle Eichenrinden. Zunächst ist hier die Kermes-, Scharlach- oder Zwergeiche (*Quercus coccifera*) zu erwähnen. Sie wird in Frankreich »chêne Kermes«, in Algier »Guermès« oder »Kerrouche« genannt. Man gewinnt von ihr nicht nur die Stammrinde, sondern auch die besonders reiche Wurzelrinde, die unter dem Namen »Garouille« in Nordafrika und Südwesteuropa vielfach angewandt wird. Sie heißt auch »Rusque« und hatte früher, als die Waldverwüstung weniger weit vorgeschritten war, eine noch größere Bedeutung. Das berühmte Leder von Montpellier wurde früher fast nur mit ihr erzeugt. Frankreich liefert jetzt wenig Garouille, dagegen besteht die sogenannte algerische Eichenrinde vorzugsweise aus ihr. Die Garouille enthält 15—25 % Gerbstoff. Nach Eitner wird die Garouille noch heute vorzugsweise zur Sohllederfabrikation verwendet, und das französische Sohlleder ist nach dem rheinischen das beste.

Über Garouille siehe Böhmer (147), J. G. v. Wehrs (127), Der Gerber (150), Die Garouille (197), v. Seckendorff (102), Kirwan (194), v. Hoehnel (42).

Die Stammrinde ist hart und fest, außen graubraun bis schwärzlich, oft borkig und zerklüftet, innen hell bis bräunlich, glatt und glänzend. Der Bruch ist außen glatt, innen grob und kurzfasrig. Die großen Markstrahlen sind oft lang, wenig vorspringend, stark sklerotisch und körnig rauh. Meist ist mehr als die Hälfte der

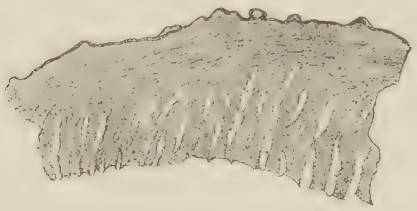


Abb. 2.
Lupenquerschnitt durch die Garouillerinde. (J. Weese.)

Rinde borkig. Die die Borkenschuppen trennenden Korklamellen sind schwärzlich. Der Lupenquerschnitt zeigt zahlreiche helle Sklerenchymflecke und viele harte, glänzende Bastfasergruppen.

Die Garouille oder Wurzelrinde kommt meist nur in kleineren Stücken oder gemahlen im Handel vor. Dickere Stücke zeigen meist eine charakteristische rotbraune Färbung und Querwülste, denen knopfartige Vorsprünge aufsitzen. Innen ist die Rinde grob und tieffurchig, mit großen, glatten oder knotigen Markstrahlenriefen. Die Stücke sind meist sehr hart und schwerer als Wasser. Die Borkeschicht ist meist nur 1 mm dick oder fehlend und dann durch eine dünne, schwärzliche Korkschicht ersetzt. Die Sklerenchymflecke sind sehr klein und spärlich. Die sklerotischen großen Markstrahlen erscheinen am Lupenquerschnitt in Form von weißlichen breiten Radialflecken, wie Abb. 2 zeigt.

Von fast gleicher Bedeutung wie die Garouille ist die Rinde der Korkeiche (*Quercus suber*), die in fast ganz Südeuropa, besonders in Italien und Spanien, aber auch in Algier zum Gerben angewandt wird. Sie ist die beste südeuropäische Eichenrinde und enthält den lichtesten Gerbstoff in der Menge von 15—20 %.

Über Korkeichenrinde siehe Abschnitt »Kork«.

Die Korkeichenrinde bildet 2—15 mm dicke, von älteren Stämmen nach Abnahme des Korkes herrührende, flache Stücke, die nur aus Fleisch (ohne Borke und Kork) bestehen. Außen ist sie rauh und grobkörnig, und zeigt da häufig Gruben und Löcher. Immer ist sie mit zahlreichen großen, sklerotischen Markstrahlkämmen versehen. Der Lupenquerschnitt ist durch große, besonders in den Markstrahlen vorkommende, fast weiße Sklerenchymflecke ausgezeichnet. Diese Flecke sind bis 8 mm lang. Die Korkeichenrindenstücke sind an den Seiten und Enden gewöhnlich grobfasrig.

Eine weitere südeuropäische Eichenrinde rührt von der Grün- oder Steineiche her (*Quercus ilex*), in Frankreich »Chêne yeuse« oder »Chêne vert« genannt. In Algier heißt sie »Queriche«. Am wichtigsten ist diese Rinde in Südfrankreich, wo neben ihr in gleicher Weise auch die Rinde von *Quercus tozzae* gewonnen wird, die der Stieleichenrinde ähnlicher ist. Diese beiden Eichen liefern in Südfrankreich an 5 000 000 kg Rinde. A. Rousset (198). Nach Rousset hat Frankreich fast 400 000 ha Steineichenwälder, die zum Teil als Schälwälder mit kurzer Umtriebszeit eingerichtet sind. Die Rinde ist um $^1/_3$ reicher an Gerbstoff als die mitteleuropäischen Eichenrinden und daher zur Erzeugung von Sohlleder sehr geeignet. Man läßt die Bäume meist nur 20—25 Jahre alt werden, weil dann die Rinde am besten ist und das Holz als Werkholz ohnehin wenig taugt. Man unterscheidet nach der Farbe drei Sorten von Steineichenrinden, die als écorce blanche, rouge ou noire und jaune ou grise bezeichnet werden, Farbenbezeichnungen, die sich auf die Innenseite der frisch geschälten Rinde beziehen.

Als beste Sorte gilt die schwarze, die das Erdgut, das am gerbstoffreichsten ist, darstellt.

Die in Spanien gewonnene Steineichenrinde heißt »Enzina«.

Außer den genannten Eichen liefern in Südeuropa und Nordafrika auch die *Quercus tozzae,* die chêne touzin genannt wird, besonders in der Gascogne, ferner die *Qu. pseudosuber* (fernan in Algier, chêne faux liège in Frankreich genannt) und *Qu. Mir-*

beckii (chêne Zéen), welch letztere in Algier große Wälder bildet, gute Rinden zum Gerben, durchschnittlich sämtlich reicher an Gerbstoff als unsere Eichenrinden.

8. Die amerikanischen Eichenrinden. Die nordamerikanischen Eichenrinden sind nicht nur besonders reich an Gerbstoff, sondern auch gleichzeitig phlobaphenarm, und dadurch ausgezeichnet, daß sie mit wenigen Ausnahmen (z. B. *Quercus alba*) spät, oft erst nach 30—50 Jahren Borke bilden.

Bekanntlich ist Nordamerika sehr reich an schönen Eichenarten. Hierher gehört auch der oben besprochene Querzitronbaum, der einen wertvollen Farbstoff liefert, aber gerbstoffarm ist. Wertvoller als Gerbmaterial sind besonders folgende Arten. 1. *Quercus prinus*, oder *Quercus castanea*, die »Chestnut- oder Kastanieneiche«. Sie tritt in Varietäten auf, von denen die »white chestnut oak« (*Qu. prinus* var. acuminata) und die »Rock-Chestnutoak« (*Qu. prinus* var. monticola) zu erwähnen sind. Die Chestnutoakrinde ist nach W. Eitner das wichtigste Gerbmaterial in Nordamerika (150). Da man diese Rinden von alten, wild gewachsenen Stämmen gewinnt, so sind sie meist 2 bis 3 cm dick, dabei aber in der Regel noch glatt und borkearm. Nach Eitner enthält die Chestnutoakrinde bis über 16 % Gerbstoff, der sehr hell ist. Man gewinnt auch ein Chestnutoakextrakt aus der Rinde, das bis über 30 % gut löslichen Gerbstoff enthält. 2. Die »common red oak« (*Quercus rubra*) und die »scarlet oak« (*Quercus coccinea*) verhalten sich ähnlich. Man hat sie auch in Europa versuchsweise angepflanzt, indes ohne besonderen Erfolg. Während eine weitere Eiche (»hickory oak«) in der Rinde bis über 18 % Gerbstoff führt, ist die »Spanish oakbark« (von *Quercus falcata*) arm (6—8 %) an Tannin, dafür aber fast stickstoffrei und dadurch besonders wertvoll.

Die wichtigsten Unterschiede der genannten amerikanischen Eichenrinden sind folgende: Die Spanish oak bark enthält nur sehr spärliche stabzellenartige Elemente, die großen Markstrahlen sind fast ganz sklerotisch und treten daher am Lupenquerschnitt in Form von dicken, weißen Radien hervor.

Die »common red oak bark« hat scharfschneidige Markstrahlen, während die Chestnutoakrinde stumpfkantige, knotige besitzt. Beide zeigen zahlreiche, stabartige Steinelemente und haben die Markstrahlen nur im innersten Teil der Rinde sklerotisiert.

Bei der Hickoryoakrinde sind endlich die Markstrahlen fast gar nicht sklerotisch und auch die Stabelemente fehlen.

Wie bei allen Eichenrinden ist auch bei den amerikanischen der Gerbstoff eisenbläuend.

9. Weidenrinden. Bekanntlich gibt es eine große Anzahl von verschiedenen Arten der Gattung Salix (Salicaceae). Manche davon sind baumartig, wie z. B. die Salweide, *Salix capraea*, die Buchweide, *S. fragilis*, die Fieberweide, *S. russeliana* usw., andre stellen größere oder kleinere Sträucher dar, wie die Mandelweide, *S. amygdalina*, die Purpurweide, *S. purpurea* usw., während die Gletscher- und Polarweiden zu den kleinsten Holzgewächsen gehören. Alle Weiden sind durch einen mehr oder weniger großen Gerbstoffgehalt ihrer Rinden ausgezeichnet, der durch seine lichte Färbung, die sich auch auf das Leder überträgt, vorteilhaft ist. Namentlich für nördliche und nordöstliche Gegenden, wie Schweden, Norwegen, Finnland und Rußland sind die Weidenrinden wichtige Gerbmaterialien; so werden in Rußland jährlich mindestens 8—9 000 000 kg Weidenrinden verbraucht (128, 129). Das russische Juchtenleder ist mit Weidenrinde gegerbt und zur Erhöhung der Wasserdichtheit mit Birkenrindenteer eingerieben. Auch für Deutschland, Österreich und Frankreich ist die Weidenrinde von steigender Bedeutung.

Nicht alle Weidenrinden haben den gleichen Wert. Am meisten verwandt werden die Rinden von dickeren Ruten, während borkige Stammrinden nur selten benutzt werden. Die Bedeutung jeder Weidenrindenart hängt von der Häufigkeit der betreffenden Stammpflanze ab. In Rußland, dem Hauptverbrauchsland für Weidenrinde, werden namentlich die Rinden der Sandweide (*Salix arenaria*) und der Fieberweide (*S. russeliana*) angewandt, während in Mitteleuropa namentlich solche Weiden Rinden zu Gerbzwecken liefern, die zu Flecht-

arbeiten, Körben und dergleichen angewandt werden, wobei die Rinden als Nebenprodukt abfallen. Hierher sind namentlich zu rechnen die Korbweide, *S. viminalis*, und die Purpurweide, *S. purpurea*. Manche besondere Lederarten, wie z. B. das oben erwähnte russische Juchtenleder oder das dänische und schottische Handschuhleder, werden vorzugsweise mit Weidenrinden erzeugt. Diese Rinden erteilen dem Leder einen eigentümlichen Geruch, eine helle Färbung und große Geschmeidigkeit. In den letzten Jahrzehnten hat die Kultur der Flechtweiden, namentlich in Deutschland, Österreich und Frankreich, sehr zugenommen und dementsprechend auch die Wichtigkeit der Weidenrinde. Die Gewinnung der Zweige und Rinden geschieht nach Reuter (199) in der Art, daß die Zweige im Februar geschnitten und dann in kegelförmigen Haufen, die von Erde umgeben sind, einige Wochen stehengelassen werden. Mit dem Aufspringen der Knospen werden die Rinden leicht schälbar; man stellt dann die Zweige einige Tage in Wasser und schält sie.

In chemischer Beziehung (siehe auch Abschnitt »Chemie der Gerbstoffe«) kann man die Weidenrinden in zwei Gruppen einreihen, in salizinreiche, wohin insbesondere die Purpurweiden gehören (*Salix rubra* und *S. purpurea*), und in salizinarme oder -freie. Erstere sind gerbstoffärmer und enthalten meistens nur 8—10 % Tannin, während die letzteren manchmal bis über 13 % Gerbstoff aufweisen. Die russischen Weidenrinden, besonders die Sandweidenrinde, sind sehr reich an Gerbstoff, woraus sich ihre Beliebtheit in Osteuropa erklärt. v. Hoehnel (184).

Der Salizingehalt wechselt nach der Jahreszeit und anderen Umständen. Er ist daher bei jeder Rindenart sehr verschieden. So fanden Jowett und Potter (200) nur bei 8 von 33 Weiden- und Pappelrinden Salizin.

Manche Weidenrinden enthalten andere spezifische Stoffe, so die Rinde von *Salix nigra* und *Salix discolor* Mhlb. das Salinigrin ($C_{13}H_{16}O_7$), die Rinde von *Salix nigricans* Sm. neben Weidenrindengerbsäure und Gallusgerbsäure noch ein Oxydationsprodukt von Populin, das Benzosalizin. Die Rinde von *Salix cinerea* L. enthält statt Salizin das Glukosid Salizinerein. Jacoby (201), Wehmer (116).

Die Weidenrinden des Handels sind gewöhnlich außen ganz glatt. Sie zeigen noch die Epidermis oder eine oberhautähnliche Peridermschicht. Sie sind gewöhnlich nur einige Millimeter dick und manchmal bis 1 m lang und bis 3 und mehr Zentimeter breit. Farbe und sonstige Beschaffenheit sind natürlich je nach der Weidenart sehr verschieden. Beim Trocknen bilden die Rinden kleine Längsrunzeln, in der Nähe der Knospen sind sie auch stellenweise querrunzelig. Innen sind sie glatt, manchmal fast weißgelb bis bräunlich oder fast dottergelb (Purpurweiden). Hanausek (38). Die Weidenrinden sind meistens sehr faserreich und haben daher einen grobfasrigen Bruch und eine gewisse Zähigkeit. Der Geschmack ist meist bitter und nachhaltig adstringierend.

In anatomischer Beziehung ist hervorzuheben, daß die Epidermis sehr dicke und glatte Außenwände besitzt, daß der Kork gewöhnlich nur aus wenigen Zellschichten besteht, welche aus der Epidermis entstehen und höchst charakteristisch sind. An den Korkzellen allein kann man schon Weidenrinden unter dem Mikroskop sicher erkennen. Die Korkzellen haben nämlich äußerst dünne und kurze Seitenwände, während die meist intensiv gelben Tangentialwände sehr dick und besonders auf radialen Längsschnitten stark nach außen gekrümmt erscheinen. Unter dem Kork befinden sich stets einige Korkrinden- oder Phellodermzellagen, darunter liegt eine Schicht kleinzelligen, kollenchymatischen Parenchyms, darauf kommt eine mächtige Lage großzelligen Rindenparenchyms, an welche die primären Bastfaserbündel angrenzen.

Die Innenrinde besteht aus abwechselnden Schichten von Hart- und Weichbast. Ersterer weist verschieden dicke Schichten von Bastfasern auf. Die Markstrahlen sind zartwandig und einreihig. Die Faserbündel sind außen und innen mit einfachen Kristallschlauchreihen besetzt, während im Parenchym, und zwar meist der ganzen Rinde, Drusenschläuche vorkommen.

Das Vorkommen der Steinelemente wechselt. Sie treten z. B. im primären Rindenparenchym in kleineren Klumpen auf bei der Silberweide (*Salix alba*), bei

der Bruch- und Fieberweide (*Salix fragilis* und *russeliana*), während sie bei der Purpurweide und den meisten andern Arten vollständig fehlen.

Eine ganz sichere Unterscheidung der Weidenrinden voneinander ist indes wenigstens bisher auch auf mikroskopischem Wege nicht durchzuführen.

Entgegen verbreiteten Angaben ist zu bemerken, daß der Gerbstoff der Weidenrinden eisenbläuend ist. Bei manchen Rinden, z. B. von *S. purpurea*, geben allerdings mit Eisensalzen behandelte Schnitte eine grüne Färbung, die aber nicht vom Gerbstoff allein herrührt. Auch die Färbungen, welche die Weidenrinden mit Kalilauge annehmen, wechseln von zitronengelb bis rotbraun, ein Umstand, der auch zu einer teilweisen Unterscheidung der Weidenrinden benutzt werden kann. Purpurweidenrinde nimmt mit Salzsäure eine orangenrote Färbung an, woran sie leicht erkannt werden kann.

Die verholzten Bastfasern aller Weidenrinden färben sich mit Salzsäure schön rotviolett, was von dem Phlorogluzingehalt des Parenchyms herrührt. Das in den Weidenrinden vorkommende Salizin kann nach Eitmann in Mengen bis zu 3 % auftreten.

10. Persearinde, Valdiviarinde. Eine der wichtigeren exotischen Ledersorten ist das sog. Valdivialeder, das aus Chile stammt. Es ist dadurch interessant, daß es fast ausschließlich mit Rinden gegerbt wird, die aus der Familie der Lorbeergewächse stammen. Hierher gehören die Rinden von *Persea lingue* und *P. Meyeniana*. Eitner (19), Rosenthal (130).

Nach Eitner enthält die Rinde von *P. lingue* 17—18 % Gerbstoff, der eisengrünend ist und sich mit Kalilauge braun färbt. Die Persea- oder Valdiviarinden sind auch durch Stärkereichtum ausgezeichnet und dabei grobzellig, faserarm und daher leicht mahlbar und leicht ausziehbar. Die Rinde besteht aus bis über 1 cm dicken, flachen bis halbröhrigen Stücken, welche einen schwachen zimtartigen Geruch und eine zimtbraune Färbung besitzen. Bruchfläche und Innenseite sind häufig mit einem bräunlichen Pulver bedeckt. Die Innenseite ist glatt, während außen bis zu 0,5 cm dicke Borkenschuppen sitzen, welche, wie der Lupenquerschnitt zeigt, durch rötliche Korkschichten voneinander getrennt sind. Diese Korkschichten sind bis 150 Zellen mächtig und bestehen aus zahlreichen Lagen von sehr dünnwandigen Korkzellen, die mit 10—20 Reihen von dicken unverkorkten Phelloidzellen abwechseln. Das Phelloid hat stark verdickte, schön geschichtete Innenwandungen. Das primäre Rindenparenchym und das Bastparenchym zeigen nicht nur wie bei allen Zimtrinden verkorkte Ölschläuche, sondern auch einzelne oder Nester bildende sklerotische Zellen, die im Gegensatz zu dem echten Sklerenchym mit kugelrunden, großen, meist strukturlosen Stärkekörnern ausgefüllt sind.

In der sekundären Rinde findet man meist zweireihige zarte Markstrahlen, die 10—20 Zellen hoch sind. Die Baststränge, die sehr verschieden breit sind, bestehen aus großen Siebröhren, weichem Bastparenchym und spärlichen sehr großen sklerotischen Elementen. Daneben kommen noch vereinzelte Ölschläuche und die Bastfasern vor, die durch ihre Kürze und Dicke sowie dadurch ausgezeichnet sind, daß sie fast einzeln stehen. Auffallend ist, daß Oxalatkristalle fehlen.

Die Valdiviarinde kommt auch nach Europa, und zwar besonders über Hamburg.

11. Die Wattle- oder Mimosarinden. In den verschiedensten außereuropäischen wärmeren Ländern kommen eine Menge Arten der Gattung *Acacia* (Leguminosae) vor. Besonders sind Australien, Südafrika, Indien und das heiße Amerika als die Heimat der echten *Acacia*-Arten zu betrachten. In allen diesen Ländern sind die Rinden dieser Bäume schon lange durch ihren großen Gerbstoffreichtum bekannt und daher zum Gerben in Verwendung.

Für Australien jedoch sind die Acaciarinden das wichtigste Gerbmaterial. Sie haben dort auch ganz besonders günstige Eigenschaften und den höchsten Gerbstoffgehalt. Die starke Anwendung dieser Rinden in dem bekanntlich holzarmen Australien hat dort bedeutende Waldverwüstungen mit sich gebracht, bis sich die verschiedenen Kolonialregierungen ins Mittel legten und hierdurch die Entstehung

einer eigenen Schälwaldkultur förderten, die sich immer mehr ausbreitete und gegenwärtig eine große Rolle spielt. Die außergewöhnlichen Erfolge, welche die neuholländischen Akazienrindenkulturen aufwiesen und die große Verbreitung, wie auch der bedeutende Wert, den die Akazienrinden, die im Handel gewöhnlich unter dem Namen Mimosa- oder Wattlerinden gehen, besitzen, haben es mit sich gebracht, daß auch in andern Ländern die Mimosaschälwaldkultur eingeführt wurde und gegenwärtig kommen auch nichtaustralische Mimosarinden im Handel in großer Menge vor, wie weiter unten noch näher ausgeführt werden soll.

Es ist kaum zweifelhaft, daß die Kultur der Mimosarinde und ihr Verbrauch noch lange nicht den Höhepunkt der Entwicklung erreicht haben. Ohne Bedenken kann diese Rinde deshalb als das wichtigste Gerbmaterial der Zukunft bezeichnet werden.

Es gibt eine ganze Reihe von Gerbrinden liefernden Akazienarten. Das beste Produkt scheint von der *Acacia decurrens* herzurühren. Die Rinde dieser Art wird gewöhnlich als »black wattle« bezeichnet. Sie ist sehr schwer, schwarzviolett, zeigt selbst an 1 cm dicken Stücken noch kaum Borkenbildung und hat stets über 30 % Gerbstoff und viel Stärke. Letzterer Umstand ist sehr vorteilhaft, da stärkefreie Rinden in der Regel kein gutes Gerbmaterial darstellen. Die Black-Wattlerindenschälwälder werden, wie es scheint, fast nur aus Samen gezogen, die wegen ihrer schwierigen Quellbarkeit vorher mit Wasser gekocht werden. W. Eitner (19) und die ausführlichen englischen Berichte (Colonial Reports). Die sog. Gold-Wattlerinde stammt von *Acacia penninervis*. Auch dieser ungemein raschwüchsige Baum wird in Schälwäldern kultiviert, die den 14fachen Ertrag unserer Eichenschälwälder liefern sollen. Die sog. Queensland-Mimosarinde stammt von *Acacia lasiophylla*, welche trotz starker Borkenbildung doch noch 20—24 % Tannin neben vieler Stärke in der Rinde führt. Die Silver-Wattlerinde stammt von *Acacia dealbata* und wird hauptsächlich auf Tasmanien gebaut. Das gleiche gilt von der *Acacia melanoxylon*, die »Black Wood« genannt wird. Eine vorzügliche Wattlerinde rührt von *Acacia molissima* her, die besonders in der Kolonie Viktoria vorkommt und drei Rindensorten liefert, die als »Feder-Wattle«, »Grün-Wattle« und »Schwarz-Wattle« bekannt sind.

In Südwestaustralien liefert die *Acacia saligna* und in Südqueensland die *Acacia harpophylla* Wattlerinde.

Was andere Länder anlangt, so werden in Ostindien Mimosarinden von *Acacia mollissima* und *A. arabica* gewonnen, die auch im europäischen Handel vorkommen (202).

Die günstigen Resultate der Schälwaldkulturen der Mimosarinden in Australien brachten es mit sich, daß gegenwärtig auch in Algier, Südafrika, Südamerika und Kalifornien dieser Betrieb eingeführt ist. Da die Umtriebszeit bei der Raschwüchsigkeit der Mimosen nur etwa 8 Jahre beträgt, ist diese Kultur verhältnismäßig einfach und bald lohnend. In Algier scheint trotzdem die Mimosenkultur zurückgegangen zu sein, dagegen scheint sie in Kalifornien große Fortschritte gemacht zu haben. Dort werden dreierlei als Hickory-, Green- und Black-Wattle bezeichnete Rinden gezogen, von denen die beiden letzteren der Neusüdwales-Rinde von *Acacia decurrens* und *mollissima* sehr nahekommen. Die Hickory-Wattle scheint der australischen Gold-Wattle von *Acacia penninervis* oder *pennata* zu entsprechen. Sie enthält angeblich bis 45 % Gerbstoff, nach W. Eitner aber nur 35,3 %. Eitner fand in der Green-Wattle 22,67 % Tannin und in der kalifornischen Black-Wattle 22,67 %. Die kalifornischen Wattlesorten werden wohl ganz im Lande verbraucht und kommen daher für Europa kaum in Betracht.

Dagegen kommt die südamerikanische Mimosa als Bohanorinde ab und zu auf den europäischen Markt. Sie steht im Aussehen der Hickory-Wattle nahe und bildet meterlange, bis 12 mm dicke und 5—10 cm breite Stücke. Sie ist dunkelrotbraun, liefert ein braunrotes Leder und enthält nach W. Eitner 30—32 % Gerbstoff.

Weniger bedeutsam ist die Réunioninsel-Wattle von *Acacia lebbek*, die nach Frankreich geht und auch zu Extrakt verarbeitet wird.

Dagegen sind die in Natal und Trans-

vaal auf vielen Tausenden von Hektaren angelegten Mimosenwälder von der größten Bedeutung. Sie liefern schon seit etwa 22 Jahren eine Rinde nach Europa, die als Black-Wattle bezeichnet wird — die Buren nennen die Rinde Wolle, unter welchem Namen sie auch manchmal im Handel erscheint —, obwohl sie von der echten Rinde dieses Namens schon durch die längswulstige Oberfläche von grünlichgrauer Färbung zu unterscheiden ist. Die Innenrinde ist chamoisgelb gefärbt und von körnigem Bruch. W. Eitner fand in junger (5—6jähr.) Rinde 34,77 %, in älteren Handelswaren 30,53 % und in Natal-Wattle aus dem englischen Handel 27.38 % Tannin. Die afrikanischen Wattlesorten liefern helle, vorzügliche Gerbbrühen und gelten jetzt für besser als die australischen.

Neuerdings hat die Mimosakultur in Natal in Südafrika großen Aufschwung genommen. Natal ist heute der bedeutendste Konkurrent in Wattlerinden mit Australien. Nach Maiden in Sydney wurden 1896 bis 1903 aus Natal etwa 100 000 Tonnen Mimosarinden im Wert von über 10 Millionen Kronen exportiert. Dabei nimmt die Produktion fortwährend zu, da die Anbaufläche der Mimosaschälwälder jährlich um etwa 400 Hektar zunimmt. Im Jahre 1904 exportierte Natal 15819 Tonnen im Werte von $2^1/_4$ Millionen Kronen, 1905 schon 17 513 Tonnen im Werte von $2^1/_2$ Millionen Kronen. Diese afrikanische Konkurrenz ist um so schärfer, als in den letzten Jahren die Qualität von australischer Mimosa stark zurückgegangen ist, wogegen von Seite der Regierungen Maßnahmen getroffen wurden. Neuerdings erzeugt man in Australien nicht nur aus der Rinde, sondern auch aus beblätterten Mimosazweigen brauchbare Gerbstoffextrakte.

Eine weitere Wattlesorte ist die javanische Pilong von *Acacia leucophloea*. Sie ist noch lichter als die Wollerinde, ohne Spur von rötlichem Ton, enthält aber dementsprechend (nach W. Eitner) nur 12,7 % Gerbstoff.

Die Wattlerinden kommen im Handel in verschiedener Form vor, und zwar entweder als long, chopped oder ground, je nachdem die Stücke die ursprüngliche Länge von etwa 1 m zeigen oder in kleine Stücke zerhackt oder gemahlen sind.

Die gehackte Mimosa besteht aus bis 1 cm dicken, harten und festen Stücken, die häufig wulstförmige Astansätze zeigen und außen je nach der Abstammung entweder eine gewöhnlich blättrige, violette Borkenschicht aufweisen, oder eine glatte, häufig querrunzlige Peridermschicht. Diese Runzeln entwickeln sich häufig zu Querwülsten, die den ganzen Stamm umgeben. Die eigentümlich dunkle, schwarzviolette Färbung der Mimosarinden ist besonders charakteristisch. Diese Färbung geht auch auf die sogenannten Wattleleder über, die meist einen schmutzig violetten Ton zeigen. Der Bruch der Wattlerinden ist wenigstens innen langfasrig und zäh. Alle Wattlerinden sind hart und schwer und sinken im Wasser unter. Sie zeigen in der Regel einen sehr schwachen, veilchenartigen Geruch. Der Lupenquerschnitt ist hart und glänzend und die Rinde schneidet sich wie Horn.

Was den anatomischen Bau anlangt, so zeigen oft noch ziemlich dicke Rinden außen die Epidermis, unter der das mäßig dicke Periderm entsteht. Das äußere primäre Rindenparenchym ist oft sehr mächtig, zeigt oft zahlreiche einfache Kristallschläuche, in denen in sehr charakteristischer Weise die Kristalle der wulstigen Zellwand eingewachsen sind.

Innen folgt nun ein fast geschlossener Sklerenchymring, der nur 1—3 schichtig ist und an den hie und da primäre Bastfasern angelagert sind. Bezüglich der Innenrinde ist namentlich der Bastfaserreichtum des sekundären Teils hervorzuheben.

Die Fasern stehen in sehr dichten Gruppen, sind sehr fein und englumig. Außen und innen sind sie meist mit einer einfachen Lage von Kristallkammerfasern bekleidet. Drusenschläuche fehlen. Das gesamte Parenchym der Rinde ist dünnwandig und ganz erfüllt mit einer homogenen, gewöhnlich braunviolett gefärbten, gerbstoffreichen Masse. Die Markstrahlen sind 1—3 reihig.

Diese Beschreibung bezieht sich vornehmlich auf die wichtigste Wattlerinde, nämlich die Black-Wattle. Die andern Wattlerinden sind aber typisch sehr ähnlich gebaut, doch muß hier auf eine nähere

Charakteristik verzichtet werden. Beschreibungen anderer Wattlerinden siehe v. Hoehnel (42).

12. Mangroverinden. Es ist schon sehr lange bekannt, daß die als Mangle oder Mangrove bekannten Rhizophoraceen gerbstoffreiche Rinden besitzen, die schon öfters in die europäischen Gerbereien eingeführt wurden, ohne indes einen nachhaltigen Erfolg zu erzielen. Viel erfolgreicher wurden die Mangroverinden als billiges und gutes Färbematerial zum Rot-, Braun- und Schwarzfärben, namentlich in England, eingeführt.

Die Mangroverinden stammen von verschiedenen *Rhizophora*-Arten, sowie von

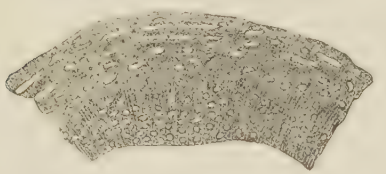


Abb. 3.
Lupenquerschnitt durch die Mangroverinde. In dem dunklen Grundgewebe erscheinen die hellen Sklerenchymmassen in charakteristischer Anordnung. (J. Weese.)

Brugiera und *Ceriops*. Die Gattungen Rhizophora und Brugiera kommen in allen heißen Ländern, besonders an sumpfigen Flußmündungen, massenhaft vor, und so können ihre Rinden in beliebigen Mengen beschafft werden. Diese sind daher auch sehr billig. Der Grund, weshalb sich die Mangroverinden zur Gerberei weniger eignen, liegt nicht nur in der großen Menge eines roten Farbstoffs, sondern nach den praktischen Versuchen W. Eitners (19) hauptsächlich darin, daß der Mangrovegerbstoff nur ein sehr schwaches Gerbvermögen besitzt. Er wird von dem Fasergewebe der Haut ungenügend gebunden. Behandelt man ein mit Mangroverinde gegerbtes Leder mit 20 % iger Essigsäure, so quellen die Fasern auf, und es tritt eine Entgerbung des Leders ein, was bei Gebrauch guten Gerbmaterials niemals der Fall ist. Der Mangrovegerbstoff durchdringt die Hautfasern nicht, sie bleiben daher eigentlich ungegerbt. Aber auch zum Vorgerben eignet sich Mangroverinde nicht, da sich bei W. Eitners Versuchen gezeigt hat, daß mit Mangrove vorgegerbtes Leder Fichten- oder Knopperngerbstoff überhaupt nicht mehr und andere Gerbstoffe, wie Eichenrinde und Mimosa nur wenig aufnimmt, so daß also Mangroveleder auch mit andern Gerbmaterialien nicht ganz ausgegerbt werden kann.

Daraus geht wohl hervor, daß Trimbles Angabe (203), daß die Mangrovegerbsäure, $C_{24}H_{26}O_{12}$, mit Kastanien- und Tormentillgerbsäure identisch sein soll, kaum richtig sein wird.

Übrigens ist es möglich, daß sich die von verschiedenen Gattungen und Arten der Rhizophoreen stammenden Rinden verschieden verhalten, was noch nicht näher bekannt ist.

So liefert auch *Kandelia Rheedii* Wght. et Arn. (Rhizophoraceae) in Ostindien und Java nach Hooker eine Gerbrinde mit 27 % Gerbstoffgehalt. Diese Rinde soll nach Bolley (204) mit der Zogarinde oder Couarinde, in welchen ein der Kinogerbsäure ähnlicher Gerbstoff vorhanden ist, identisch oder verwandt sein. Diese Rinde ist gerbtechnisch noch nicht näher geprüft, ebensowenig wie die von *Ceriops Candolleana* Arn. (Rhizophoraceae), die nach Busse 42,27 % Tannin enthalten soll.

Aus Mangroverinde wird nach Krieger (205) an verschiedenen Orten in den Tropen, so z. B. auf Ceylon und Borneo, ein Gerb- und Färbeextrakt hergestellt, das als »Mangrove-Cutch«, »Kaki-Cutch« oder »Baken-Cutch« in großen Massen in den Handel kommt. Nach Eitner (19) verhält sich dieses Extrakt beim Gerben ebenso negativ wie die Rinde.

Mangroverinde kommt sowohl aus dem heißen Amerika (auch Argentinien) als aus Südasien in den Handel und wird erst seit 20 Jahren in Europa auf Paesslers Betreiben mehr und mehr in der Gerberei verwandt. Seit einigen Jahren spielt auch die ostafrikanische Rinde eine große Rolle und wird in großen Mengen exportiert. Angeblich kommt auch aus Südafrika (Natal) Mangroverinde in den Handel. Diese afrikanischen Rinden, besonders die aus Ostafrika sind durch einen hohen Gerbstoffgehalt ausgezeichnet. Nach W. Eitner enthält die Natalrinde durchschnittlich 35 % Gerbstoff. Dieser steigt jedoch in der älteren Rinde bis auf 36,85 % und in der jüngeren bis 42,1 %. Indes ist auch

bei diesen afrikanischen Rinden die Qualität des Gerbstoffs minderwertig. Das Leder erhält eine sehr dunkle unerwünschte Färbung. Die lästige rote Farbe läßt sich aber durch sachgemäße Mischung mit andern Gerbmitteln oder durch Zusatz eines hellgelben Farbstoffes abschwächen. Die vorhandenen Phlobaphene werden durch Behandlung des Extraktes mit Bisulfiten unter Druck in löslichen Gerbstoff übergeführt. [Lepetit (58)]. Bei diesem Prozeß verblaßt die Farbe etwas. Die Durchgerbung der Blößen erfolgt sehr leicht. Indes wird das Leder dünn, leer und spröde und hat wenig Gewicht, da der Gerbstoff nur ein geringes Gerbvermögen besitzt, das auch durch Kombination mit anderen Gerbstoffen nicht gehoben werden kann. Noch ungünstiger verhalten sich die aus diesen Rinden leicht herzustellenden Extrakte. Daher werden die Mangroverinden besser nur als Farbstoff verwandt, wie dies in England geschieht. Die einzige nützliche Verwendbarkeit der Mangroverinden in der Gerberei ist nach Eitner die zur Imitation von Hemlockleder, das sich in manchen Gegenden Europas so eingebürgert hat, daß es trotz des hohen Zolls noch immer importiert wird. Da Mangroverinde selbst in Amerika billiger zu stehen kommt als Hemlockrinde, so wurden dort auch Versuche im großen zur Herstellung von imitiertem Hemlockleder gemacht, indes mit ungünstigem Erfolg.

Da die Mangroverinden des Handels ihrer genaueren Abstammung nach nicht näher bezeichnet werden, läßt sich über die Unterschiede je nach der Abstammung nichts Sicheres sagen. Jedenfalls aber sind sie einander sehr ähnlich, was gewiß für die von *Rhizophora-* und *Brugiera*-Arten abstammenden Sorten gilt. Es sei daher im folgenden nur die von *Rhizophora mangle* herrührende Sorte nach ihren äußeren und inneren Merkmalen charakterisiert, was zur Erkennung einer Mangroverinde überhaupt genügen dürfte.

Die Mangroverinde kommt meist in kleineren flachen und größeren bis 10 cm langen und 3—5 cm breiten, rinnig eingebogenen Stücken vor, die bis 3 cm dick werden, jedoch meist unter 1 cm dick sind. Sie ist gleichmäßig rötlich-zimtfarben, allseitig schwach mehlig-pulvrig, innen grob längsstreifig, außen meist borkefrei, glatt oder mit einzelnen Querstreifen oder Rissen versehen. Die Rinde ist überall gleichmäßig hart und schwer brüchig. Der Querbruch ist niemals faserig, sondern stets körnig. Die äußere Hälfte des Querbruchs ist tangential gestreift, die innere zeigte feine radiale Linien. Außen sieht man tangentiale hellere Sklerenchymbänder und -klumpen, während die innere Hälfte des Querschnitts mit zahlreichen, fast weißen, rundlichen oder viereckigen, meist tangential und radial gereihten Flecken besetzt ist, die von Sklerenchymsträngen herrühren, die die Innenrinde der

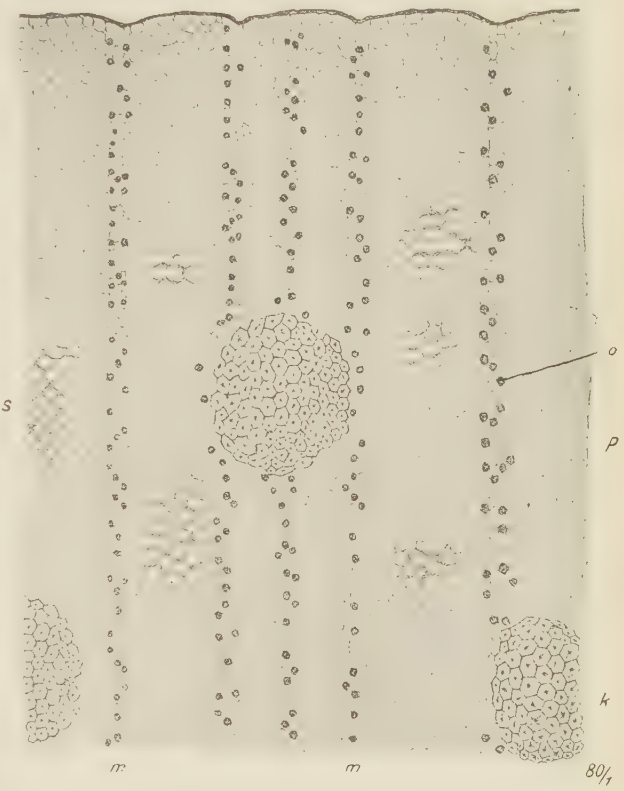


Abb. 4.
Querschnitt durch Mangroverinde des Handels. *m* Markstrahlen. *p* Bastparenchym. *o* Oxalatdrusenschläuche. *s* Siebröhrenbündel. *k* Sklerenchymfaserbündel. Vergr. 70 fach. (J. Weese.)

Länge nach durchsetzen. Diese oft faserartig am Querbruch vorstehenden Sklerenchymbänder sind das Hauptmerkmal aller echten Manglerinden. Jüngere Rinden sind etwas zähbrüchig und innen am Querbruch grob- und kurzspießig. Junge dünne Stücke zeigen außen eine hornige, rotbraune bis schwarze Korkschicht, die bis 2 mm dick ist und sich leicht schneidet.

Mikroskopisch besteht der Kork aus zahlreichen Lagen von sehr dünnwandigen und ganz mit einer braunen und homogenen Masse erfüllten Zellen. Unter dem Kork liegt nur eine 1—5 mm dicke Schicht von primärem Rindenparenchym, in dem einige Lagen von tangential gestreckten Sklerenchymplatten oder bei dicken Rinden von rundlichen oder unregelmäßigen Sklerenchymklumpen, die 0,2 mm breit sind, eingelagert sind. Das dazwischenliegende primäre Rindenparenchym ist zartwandig und enthält zahlreiche Oxalatdrusenschläuche, daneben Steinelemente mit schönen verzweigten Porenkanälen; letztere Elemente liegen teils einzeln, teils in Klumpen, Bändern usw., an welche sich außen stellenweise Oxalatschläuche mit einfachen Kristallen anlagern. Die Ecken der Steinelemente sind häufig hornartig vorgezogen. Im inneren Teile der Rinde werden die Sklerenchymmassen allmählich axial gestreckter und gehen in die charakteristischen Fasern und Stäbe über, die in der Innenrinde gleichmäßig verteilt sind.

Echte Bastfasern fehlen völlig, denn die dicken faserartigen Sklerenchymmassen bestehen ganz aus kürzeren oder längeren Steinelementen. Zwischen diesem Sklerenchym befinden sich die meist 5- bis 6reihigen Baststrahlen, die viele Oxalatdrusenschläuche enthalten, und der Weichbast mit zahlreichen auffallenden Siebröhren, spärlichen Drusenschläuchen und als Grundgewebe axial gestrecktem Parenchym, in dem spärlich kurze, dicke Bastfasern (als Hartbast) eingelagert sind. Der Gerbstoff erfüllt nebst dem Farbstoff, der wahrscheinlich ein Phlobaphen ist, fast alle Parenchymzellen der ganzen Rinde.

Besonders die Sklerenchymstäbe der Innenrinde lassen eine Mangroverinde mit Sicherheit erkennen.

13. Eukalyptusrinden. Es ist schon lange bekannt, daß die zahlreichen in Australien heimischen *Eucalyptus*-Arten (Myrtaceae), die als »Gum-trees« bekannt sind und meist große und hohe Bäume darstellen, gerbstoffreiche Rinde haben. Der Gerbstoff ist in vielen Eukalyptusrinden so reichlich vorhanden, daß er in Gängen ausgeschieden wird und oft, mit Gummi gemengt nach außen tretend, das australische Kino bildet, das zum Färben und Gerben angewandt werden kann. Die meisten Eukalyptusrinden enthalten nur 10—20 % Gerbstoff und eignen sich kaum zur Ausfuhr. Seither fand man jedoch auch Rinden mit bis über 40 % Gerbstoffgehalt, und diese haben seit etwa 10 Jahren auch für die europäische Industrie Bedeutung gewonnen.

Seit etwa 1903 wird in Europa unter dem Namen »Mallet« oder »Malleto« die Rinde von *Eucalyptus occidentalis* Endl. aus Süd-, namentlich Westaustralien eingeführt, die nach W. Eitner (19) durchschnittlich 38 % Gerbstoff enthält und ein vortrefflicher Ersatz für das allmählich unerschwinglich teuer werdende Quebrachoholz ist. Diese Rinde liefert auch eine Kinoart, das »Mallet-Gum«.

Die »Malletorinde« kommt in verschiedenen Sorten, als Silver-Mallet, Black-Mallet im Handel vor und enthält nach Paessler (206), Mann und Caules (207), Strauß und Gschwendner (208) 35—52 % Gerbstoff, 7—16 % Nichtgerbstoff und 10—14,5 % Wasser. Der Gerbstoff ($C_{43}H_{50}O_{20}$) hat die Eigenschaften des Quebrachogerbstoffs. Nach Denker (209) hat jedoch das Malletotannin die Formel $C_{19}H_{20}O_9$.

Die »Malletorinde« des Handels ist von der Borke befreit, besteht daher nur aus dem vom Gerber Fleisch genannten Teil der Rinde. Das Entborken der Rinde dürfte im frischen Zustande erfolgen, vielleicht am stehenden Stamm. Die Rinde kommt in bis 20 cm langen, 2—8 mm dicken Spänen in den Handel, die in etwa 350 kg schweren viereckigen Ballen verpackt sind. Häufig ist die Handelsrinde sehr feucht, dann vielleicht havariert. Die Farbe der Rinde ist sehr gleichmäßig hellbraun, wobei der Querbruch am hellsten ist. Hie und da zeigt die Rinde oberflächliche Kino-Ausschwitzungen, die besonders auch in der Länge nach verlaufenden Gängen auftreten, die sich im In-

nern der Rinde befinden. Jüngere, dünnere Stücke enthalten nur 35 % Gerbstoff, ältere dickere hingegen bis 42 %, im Mittel kann der Gehalt auf 30 % veranschlagt werden.

W. Eitner fand bei der Analyse verschieden dicker Rinden folgende Bestandteile:

	Gerbstoff	Nichtgerbstoff	Wasser	Unlöslich
	%	%	%	%
Junge Rinde .	35,00	12,10	12,24	40,66
Mittlere Rinde	40.10	12,10	12,68	35,12
Ältere Rinde .	39.70	16,10	12,46	31,74

Die Verschiffungen der Rinde geschehen hauptsächlich von Freemantle in Südwestaustralien aus.

Der Gerbstoff der Malletorinde hat eine lebhaft hellzimtbraune Farbe. Er ist auch in kaltem Wasser leicht löslich. Da sich die Rinde sehr leicht fein mahlen läßt und ein Teil des Gerbstoffs schon als Kino ausgeschieden ist, läßt sich der Gerbstoff mühelos vollständig extrahieren, was ein großer Vorteil ist und in Verbindung mit dem hohen Gehalt der Rinde die Herstellung von Extrakten ganz überflüssig macht. Nichtsdestoweniger werden auch Malleto-Extrakte in den Handel gebracht. Diese sind aber teurer als die Rinde und enthalten nach W. Eitner (19) nur 27,49 bis 33,05 % Gerbstoff, ihre Verwendung ist daher unökonomisch.

Mit Eitners Befunden über den Gehalt der Malletorinde stehen in guter Übereinstimmung die von G. H. Schmidt in Perth (Westaustralien) erhaltenen Resultate, der 30—40 % Gerbstoff in der Rinde fand. Eitner fand später in einzelnen Rindenmustern bis 42 % Gerbstoff. Die Angaben anderer Chemiker, die 45—50 % Gehalt fanden, sind mit Vorsicht aufzunehmen und beziehen sich sicher nur auf Ausnahmefälle. Die öfter gemachte Angabe, daß die Malletorinde durchschnittlich 45—50 % Gerbstoff enthält, ist jedenfalls falsch.

Der Malletogerbstoff beizt sehr rasch und gerbt satt aus. Die Malletorinde wurde 1904 nur in der Menge von 500 bis 600 Tonnen gewonnen, 1905 stieg der Ertrag schon auf 4000 bis 5000 Tonnen. Während ursprünglich die stehenden Stämme bis zur erreichbaren Höhe entrindet und dann sich selbst überlassen blieben, wodurch viele Wälder verwüstet wurden, ist seit 1905 dieses Raubsystem gesetzlich verboten. Nunmehr müssen die Stämme gefällt und vollständig entrindet werden. Daher kommt jetzt mehr dünne, ärmere Rinde in den Handel. Da indes gesetzlich nur ältere Stämme ausgenutzt und gefällt werden dürfen, ist der Einfluß der zur Schonung der Eukalyptuswälder getroffenen Maßnahmen auf den Gerbstoffgehalt der Handelsrinde nur gering. In der Ware findet man neben den helleren Rindenstücken auch dunklere, die von abgestorbener und leicht ablöslicher Borke herrühren, die sich aber im Gerbstoffgehalt kaum von der hellen Fleischrinde unterscheiden. Nach neueren Angaben dürfte in den letzten Jahren eine Menge von 45—50 000 Tonnen Malletorinde im Jahre gesammelt und in den Handel gebracht worden sein.

Wie alle starken und leichtlöslichen Gerbmaterialien muß auch die Malletorinde beim Gerben mit großer Vorsicht angewandt werden, da sie starke Gerbbrühen gibt, die das Leder leicht steif und brüchig (blechig) machen. Man muß daher mit schwächeren Brühen genügend vorgerben.

Da sich die Rinden der zahlreichen *Eucalyptus*-Arten einander im Aussehen und Bau ähnlich sind, ist es begreiflich, daß der Malletorinde manchmal andre Gumtreerinden beigemengt werden. Da diese meist viel weniger Gerbstoff enthalten, müssen solche Beimengungen als Verfälschungen betrachtet werden. So kommt z. B. die »Salmon-Gumbark« von *Eucalyptus salmoniphloia* Müll., die nur 18 bis 19 % Gerbstoff führt, manchmal in der Malletorinde vor. Die Salmonbark soll keine Kinogänge und einen schwerer löslichen Gerbstoff besitzen. Auch Whitgum- und Gimlet-Gumrinde kann in der Malleto vorkommen. Nach W. Eitner (19) dürfte es sich in diesen Fällen nicht um absichtliche Fälschungen handeln. Die Malletorinde unterscheidet sich von den meisten Eukalyptusrinden durch den körnigen Querbruch. Sie sieht je nach dem Alter sehr verschieden aus. Jüngere Stücke sind nur einige Millimeter dick, rotbraun, außen und innen ziemlich grob längsstreifig. Der Lupenquerschnitt ist homogen und zeigt nur eine sehr feine Radial- und Tangen-

tialstreifung. Ältere Stücke sind über zentimeterdick, auffallend schwer, außen häufig, wenigstens stellenweise, rötlich-glimmerig glänzend und innen grobrissig. Ältere Stücke zeigen am Querbruch große in einer bis mehreren Lagen angeordnete

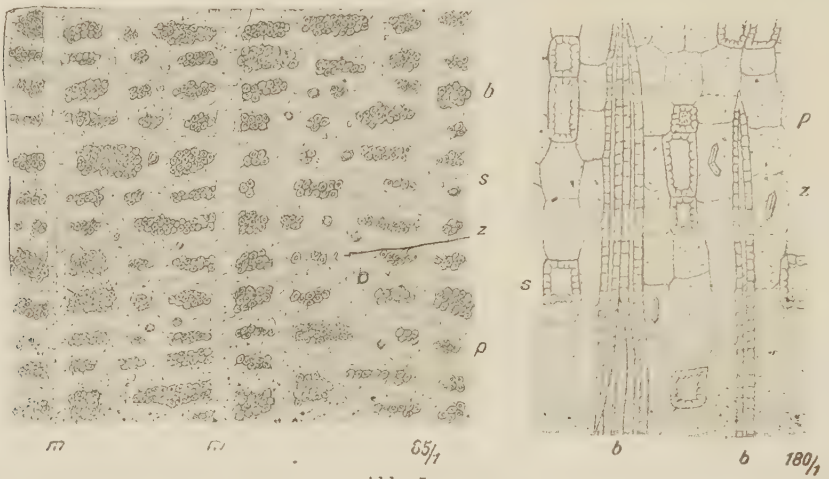


Abb. 5.
Querschnitt und Tangentialschnitt durch die Malletorinde. *m* Markstrahlen *p* Bastparenchym. *s* Steinelemente. *z* Zwillingskristallschläuche. *b* Bastfasern. Vergr. 180fach. (J. Weese.)

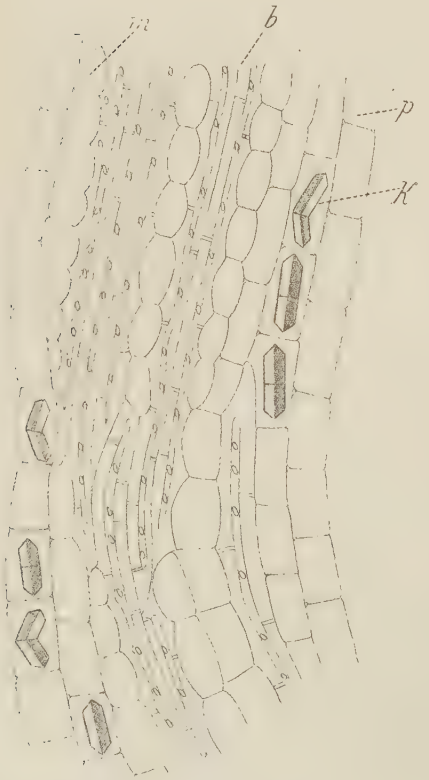


Abb. 6.
Vergr. etwa 300 mal. Tangentialschnitt durch die Innenrinde von *Eucalyptus longifolia*. *p* Bastparenchym. *k* Zwillingskristalle. *b* Bastfasern. *m* Markstrahl. (v. Hoehnel.)

Gänge und Höhlen, die ganz mit einer schwarzroten harten, brüchigen, glasartig glänzenden Masse ausgefüllt sind, die das auch in anderen Eukalyptusrinden vorkommende australische oder Eukalyptuskino darstellt. Dieses Kino tritt nicht in vorgebildeten Räumen auf, sondern in nachträglich durch Auflösung des Rindengewebes entstehenden, sogenannten hysterolysigenen Hohlräumen.

Der Bau der Malletorinde ist an jüngeren Stücken leicht festzustellen und aus den Abbildungen 5 und 6 zu ersehen. Die Handelsrinde besteht nur aus Innenrinde, deren Elemente ziemlich regelmäßig radial und tangential gereiht sind. Das Bastparenchym und die 2—3reihigen Markstrahlen bestehen aus zartwandigen Zellen, die den Gerbstoff enthalten. Einzelne Zellen enthalten schöne Zwillingskristalle von Kalziumoxalat, die für die Eukalyptusrinden überhaupt charakteristisch sind. Die sekundären Bastfasern stehen in größeren oder kleineren Bündeln, die in radialen und tangentialen Reihen stehen. Außerdem treten in der Malletorinde im Längsschnitt viereckige, mäßig stark verdickte kurze Steinelemente auf, die teils einzeln, teils in kurzen Längsreihen stehen. Bei anderen Eukalyptusrinden, z. B. der von *E. longifolia*, fehlen

sie. Sie sind daher ein gutes mikroskopisches Merkmal für die echte Malletorinde. Die Siebröhren treten an den Schnitten kaum hervor und sind daher an den beigegebenen Zeichnungen nicht angedeutet.

14. Weniger wichtige Gerbrinden. Der steigende Bedarf an Leder hat es mit sich gebracht, daß nicht nur alle denkbaren Stoffe, wie z. B. auch Torf, zur Rotgerberei versuchsweise verwandt wurden, sondern auch, daß alle möglichen exotischen Rinden, wie sie namentlich auf den vielen Welt- und Kolonial-Ausstellungen zu sehen waren, zu Gerbzwecken herangezogen wurden. Es kann nicht die Aufgabe dieser Darstellung sein, alle diese Produkte ausführlich zu charakterisieren oder auch nur vollständig anzuführen. Es genüge daher eine kurze Besprechung. Ausführlicheres hierüber siehe v. Hoehnel (42), (184), ferner die Aufzählungen von Rohstoffen von M. Bernardin (210) und Th. Christy (211).

Unter dem Namen »Ecorce de filao« kommen die Rinden verschiedener *Casuarina*-Arten (Casuarinaceae), z. B. *C. quadrivalvis* aus Tasmanien, *C. muricata* aus Indien (136), *C. equisetifolia* aus Indien und Réunion vor. Die Casuarinaceen stammen meist aus Australien, werden aber in der ganzen tropischen und subtropischen Zone vielfältig gepflanzt (212). Die Rinde ist nur 1—3 mm dick, mit langen schmalen Borkenstreifen ohne Querfurchen. Die braune Farbe geht hie und da in Violett oder Rosa über.

In Südafrika kommen verschiedene Proteaceenrinden vor, die wegen ihres bis auf 16 % (Eitner) steigenden Gerbstoffgehalts in der Gerberei angewandt werden. Zu erwähnen sind *Leucospermum conocarpum* R. Br. (»Kreupelboom« genannt, oder »knotted tree«), ferner der Silverboom (»silver tree«, *Leucadendron argentum* R. Br.). Zu den Proteaceen gehört auch der »heath honeysuckle« Australiens (*Banksia serrata*), ferner die hie und da verwandten Rinden von *Prot. mellifera* Thbg. und *Prot. grandiflora* Thbg. Die Proteaceenrinden sind im Aussehen sehr verschieden, doch sind sie fast alle an den sklerotischen Markstrahlkämmen zu erkennen.

Eine sehr gerbstoffreiche Rinde liefert die Sapotacee *Chrysophyllum glyciphloeum*. Diese ist früher als »*Cortex Monesiae*« offizinell gewesen. Sie enthält nach W. Eitner (19) 32 % Gerbstoff und ist im nördlichen Brasilien heimisch, wo sie schon seit langem als Gerbmaterial Anwendung findet. Sie stellt ein vorzügliches Material dar und liefert ein schönes helles Leder. Es sind flache, kleine, 2—4 mm

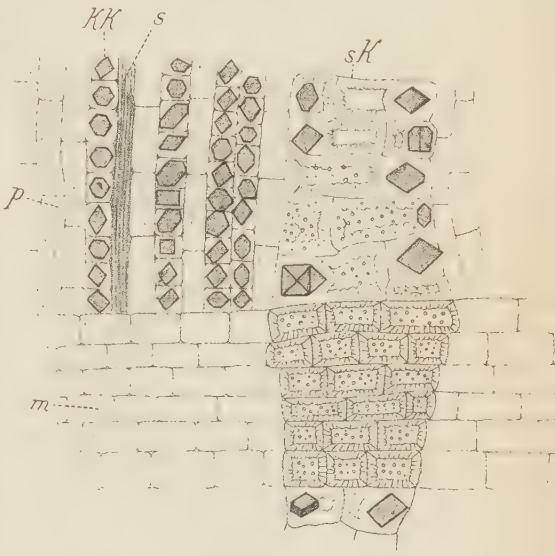


Abb. 7.
Vergr. etwa 300 mal. Radialschnitt durch die sekundäre Innenrinde von *Chrysophyllum glyciphloeum* (Monesiarinde). Sklerotische Platten aus kurzen Elementen, in deren Wandungen große Oxalatkristalle eingewachsen sind (*sK*), wechseln mit wenig dickeren Weichbastschichten, die aus unregelmäßig abwechselnden Lagen von Bastparenchym (*p*), Kristallkammerfasern (*K K*) und Siebröhren (*s*) bestehen. Mehrstöckige Markstrahlen (*m*) durchsetzen den Bast und werden innerhalb der Sklerenchymplatten auch sklerotisch. (v. Hoehnel.)

dicke Stücke mit körnigem, faserfreiem Bruch. Sie sind leicht an der Schichtung (20—40 weiße und dunkle, miteinander abwechselnde Lagen) zu erkennen. Der Gerbstoff ist eisenbläuend; die Rinde enthält auch Monesin und Glycyrrhicin. Man macht aus ihr das »Monesiaextrakt«.

Die Gattung *Weinmannia* (Saxifragaceen) liefert im heißen Amerika auch eine gute Gerbrinde mit 10—13 % Gerbstoff. Die Rinde von *Weinmannia glabra* L. fil. wird in Amerika viel angewandt und heißt dort nach Ernst (22), (177) »Curtidor«, »Tan rouge«.

Die beste Gerbrinde Neuseelands heißt »Kirihinau« und stammt von *Elaeocarpus*

dentatus (Elaeocarpaceae). Der Gerbstoffgehalt beträgt 20—22 %. Ferner ist hier die im heißen Amerika vorkommende »Nancitte«- oder »Manquittarinde« zu er-

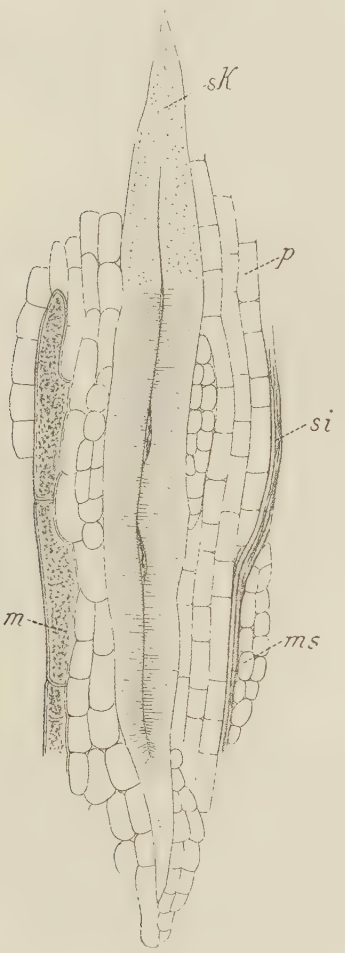


Abb. 8.
Curtidorrinde aus Venezuela, auch China de Trujillo genannt. Stammt wahrscheinlich von einer Sapotacee ab. Tangentialschnitt durch die sekundäre Innenrinde. *sk* große, lange, bastfaserähnliche Sklerenchymstäbe (Stabelemente), beiderseits zugespitzt, mit zahlreichen, dicht stehenden feinen Porenkanälen; im oberen Teil die Außenansicht gezeichnet, im unteren der Längsschnitt. *ms* Markstrahlen. *m* Milchsaftschläuche. *p* Bastparenchym. *si* zusammengepreßtes Siebröhrenbündel. Vergr. etwa 300 mal. (v. Hoehnel.)

wähnen von *Malpighia punicifolia* L. (Malpighiaceae), die nach Eitner 21 bis 22% Tannin führt. Sie ist durch eine 2 mm dicke borkähnliche, sehr zerreibliche Korklage, die aus etwa 50 Lagen fast quadratischer und sogar radial gestreckter Korkzellen besteht, sehr ausgezeichnet.

Ein in allen Tropen sehr verbreiteter Baum ist die Euphorbiacee *Aleurites triloba* Forst. Er wird meist »Bankul« oder »Banculier« genannt und viel zum Gerben und Färben angewandt. Eine ähnliche Bedeutung hat auch die Rinde des Mangobaumes (*Mangifera indica*) aus der Familie der Guttiferen. Ferner sind hier die Combretaceen zu erwähnen, die sämtlich sehr gerbstoffreich sind. Sie liefern ja die »Myrobalanen«, ferner die »Mangleblätter« und gerbstoffreiche Gallen. Hierher gehört namentlich die »Badamierrinde« von *Terminalia catappa*, dem Schirmbaum, der in allen heißen Gegenden gepflanzt wird. Die Rinde enthält 12 % Gerbstoff und ist mikroskopisch durch das Fehlen der Steinelemente und der einfachen Kristalle und der Phelloidbildung im Kork sehr ausgezeichnet.

Auch *Ceriops Candolleana* (Rhizophoraceae), *Xylocarpus granatum* (Meliaceae), *Sonneratia caseolaris* (Sonneratiaceae) und *Heritiera litoralis* (Sterculiaceae) liefern gerbstoffreiche Rinden. Nach Busse hatten die deutsch-ostafrikanischen Rinden von *Sonneratia* mit 15,3 % und *Heritiera* mit 13,9 % einen geringeren Gerbstoffgehalt. Dagegen steigt dieser bei *Xylocarpus* auf 40,49 %, *Ceriops* auf 42,27 %, *Rhizophora mucronata* auf 47,99 % und *Brugiera gymnorhiza* auf 51,64 %. Danach wären die Manglerinden fast noch gerbstoffreicher als selbst die Mimosarinden, die nur selten 45 % Tanningehalt erreichen.

Auch die »südeuropäische Granatapfelbaumrinde« wird noch hie und da, wenn es sich um die Erzeugung eines sehr hellen Leders handelt, z. B. in Spanien, Algier, Marokko und Japan, zum Gerben angewandt. Sie enthält über 22 % Gerbstoff und ist hell lichtgelb gefärbt. Mikroskopisch ist die Rinde durch das Fehlen der einfachen Kristalle, das Auftreten von langen Reihen von Drusenschläuchen, das Vorkommen von auffallend dicken vereinzelten Stabelementen und das Fehlen von echten Bastfasern ausgezeichnet. Ältere Rinden bestehen fast nur aus sekundärer Innenrinde.

Die Granatapfelbaumrinde enthält viele charakteristische Stoffe, und zwar die Stammrinde davon 0,5 %, die Wurzelrinde doppelt so viel. Es sind dies die Alkaloide

Pelletierin, Isopelletierin, Methylpelletierin, Pseudopelletierin, Isomethylpelletierin (s. Alkaloide), mehrere glukosidische Gerbsäuren (Granatgerbsäure und Gallussäure), die vielleicht Spaltungsprodukte der Chebulinsäure sind. Ferner noch Ellagsäure. Daher wurde die Granatwurzelrinde, die an dem Fehlen der Flechtenansätze auf der Oberfläche erkannt werden kann, auch medizinisch als wurmtreibendes Mittel angewandt. Wehner (116).

Auch die Granatapfelschalen liefern nach W. Eitner (19) ein vortreffliches Gerbmaterial, namentlich für feine Ledersorten. Sie geben ein hellgelbliches Leder. Sie könnten für südliche Gegenden, z. B. Dalmatien, einige Bedeutung gewinnen.

In verschiedenen Ländern werden auch Gerbrinden — oft sehr gehaltreiche — angewandt, deren Abstammung zweifelhaft oder ganz unbekannt ist. Hierher gehören z. B. nach v. Hoehnel (42) die sogenannte »kalifornische Gerbrinde«, die nach Eitner 26 % Tannin führt, und nach Ernst (22) die »Curtidor«- (d. h. Gerb-) Rinde aus dem heißen Amerika. Sie dürfte von einer Sapotacee herrühren und galt früher als »falsche« Chinarinde. Sie enthält keine Chinaalkaloide, ist aber gerbstoffreich (24 % nach W. Eitner). Sie heißt im Handel »indische Rinde«, scheint jetzt aber aus dem Handel verschwunden zu sein. Mikroskopisch ist sie höchst ausgezeichnet durch das Auftreten von sehr großen (0,3—3 mm langen und bis 0,3 mm dicken), fast bis zum Verschwinden des Lumens verdickten, schön geschichteten und dicht porösen, faserähnlichen Stabelementen. Im Weichbast findet man neben Siebröhren auch axiale Reihen von Milchsaftschläuchen vor, was wahrscheinlich macht, daß die Curtidorrinde eine Sapotaceenrinde ist (siehe Abb. 8).

Von einer gewissen Bedeutung ist dagegen heute noch die seit 1886 aus Zentralamerika unter dem Namen »Cajotta« oder »Tarocca« in den Handel kommende Rinde, die nach Eitner jetzt viel verwandt wird. Sie enthält nach W. Eitner (19) 16—20 % Tannin und kommt in ziemlich großen bis fingerdicken Stücken vor; sie ist von rotbrauner Farbe und außen mit einer feinen, sich in Schüppchen ablösenden Korkschicht bedeckt. Ihre Abstammung ist leider unbekannt. Sie sieht der Rinde von *Ficus sycomorus* einigermaßen ähnlich. Die Angabe, daß sie von einer Malpighiacee herrühre, ist sicher unrichtig, da in der Rinde Ölharzgänge auftreten, die darauf hinweisen, daß sie höchstwahrscheinlich von einer Anacardiacee oder Burseracee abstammt.

Die »Cajottarinde« ist leicht zu erkennen. Der Lupenquerschnitt zeigt außen (siehe Abb. 9) die helle Korkschicht und innen charakteristisch gestaltete hellere Flecke auf dunklem Grund. Der Bau der Rinde ist aus dem mikroskopischen Quer-

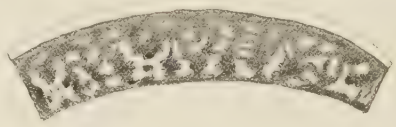


Abb. 9.
Lupenquerschnitt der Cajottarinde.
(J. Weese.)

schnitt (Abb. 10) gut zu erkennen. Man sieht außen gegen 10 Lagen eines mäßig dünnwandigen Korkes. Dann folgt eine mächtige Schicht von Phelloderm, das aus sklerotischen Elementen besteht, die oft quadratische Oxalatkristalle enthalten. Das nun folgende primäre Rindenparenchym ist dünnwandig und gerbstoffreich. In ihm sind Oxalatschläuche mit einfachen, quadratischen Kristallen eingestreut. In der Innenrinde fehlen die Bastfasern, in dem zartwandigen Bastparenchym sind große, im Querschnitt runde Gummiharzgänge eingelagert, sowie zusammengepreßte Bündel von Siebröhren (Hornbast).

Eine in den letzten Jahrzehnten öfters am Markt erschienene Rinde ist die »Cuerorinde«, die auch unter dem Namen »Palo blanco« und »Casca blanca« in den Handel kam. Ihre genaue Abstammung ist unbekannt. Nach W. Eitner (19) soll sie im Bau der »Nancitterinde« von *Malpighia punicaefolia* aus Nicaragua ähnlich sehen und sicher eine Malpighiaceenrinde sein und aus Mexiko stammen. Sie ist im äußeren Ansehen der Buchenrinde ähnlich, außen hell, ohne eigentliche Borkenbildung, mit einem silbergrauen Periderm. Es ist möglich, daß sie von der in Mexiko heimischen *Malpighia faginea* abstammt. W. Eitner fand in der jüngeren 3—4 mm dicken Rinde 24,5 % Gerbstoff und in älteren

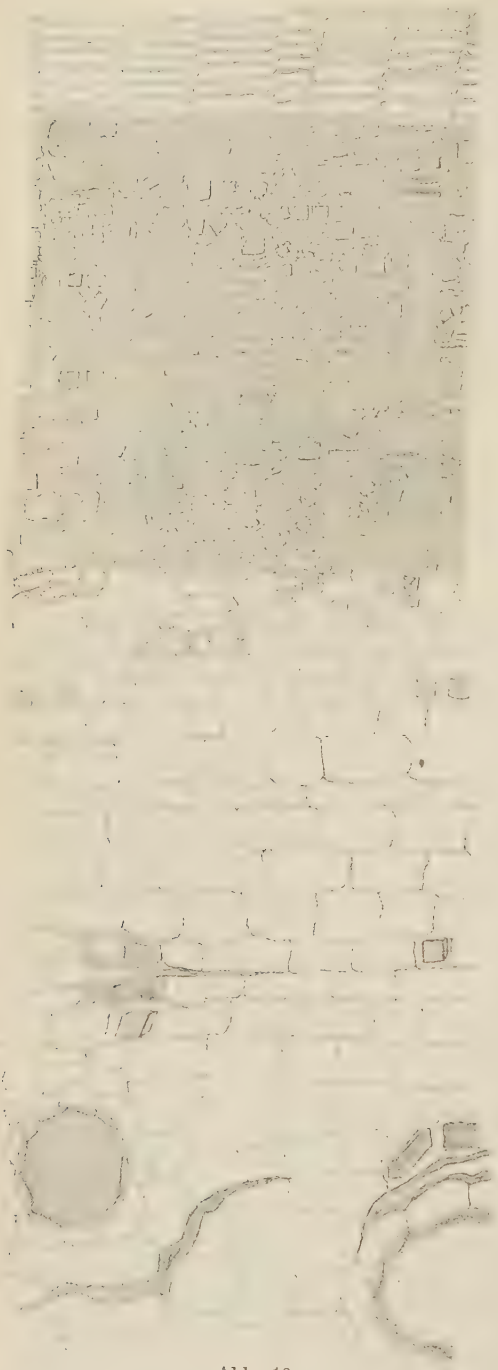


Abb. 10.
Querschnitt der Cajottarinde. (J. Weese.)

6 mm dicken Stücken 19 %, dagegen hatten zwei Proben gemahlener »Cuerorinde« nur 17 % Gerbstoff neben sehr viel Stärke. Der Gerbstoff ist ziemlich hell, mit einem Stich ins Rote, löst sich sehr leicht schon in kaltem Wasser und ist aus der Rinde leicht ganz ausziehbar. In ihrer Wirkung ist sie nach W. Eitner ähnlich der Mimosarinde und gut geeignet zur Unterledergerberei. Auch die »Vacheleder«-Fabrikation könnte von der Cuerorinde Nutzen ziehen. Die Cueroledersorten haben eine helle Färbung.

Der Preis der Cuerorinde beträgt etwa 10 Mark für 100 kg, sie ist also billig.

Außer diesen Rinden sind noch zu erwähnen die »Churcorinde« von *Oxalis*-Arten aus Chile mit 20—26 % Gerbstoff, die »Kamaschil-Rinde« von *Pithecolobium dulce* (Leguminosae) aus Afrika und Mexiko, ferner die Rinde der kapländischen Arten *Coccoloba uvifera* (Polygonaceae), *Cedrela brasilianis* St. Hil. (Meliaceae) und der argentinischen Arten *Cedrela brasiliensis* St. Hil., *Juglans nigra* var. *boliviana* DC. (Juglandaceae) und *Xanthoxylon ceco* Gill. (Rutaceae).

15. Kino. »Kino« ist ein Sammelname für gewisse eingedickte Säfte tropischer Bäume (Leguminosae, Myrtaceae und Polygonaceae). Sie werden technisch in der Gerberei und medizinisch als Adstringens verwandt. [Zörnig (122a)]. 1733 wurde der rote Saft von *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Leguminosae) zuerst als Kino bezeichnet und dieser Name später 1811 auf den Saft von *Pterocarpus marsupium* Roxb. übertragen. Diese Art, das sogenannte »Malabarkino«, ist die bekannteste. Große Mengen von Kino werden seit 1811 in Australien aus mehreren Eukalyptus-Arten (Myrtaceen) bereitet. Als Stammpflanze wurde gewöhnlich *Eucalyptus resinifera* Sm. angegeben. Da aber diese Eukalyptusart ein echtes Gummi liefert und Kino häufig auch als Gummi bezeichnet wird, so ist [Flückkiger (24)] die Vermutung ausgesprochen worden, das australische Kino sei nichts anderes, als ein mit Farbstoff gemengtes Gummi. In der Tat liefert aber *Eucalyptus resinifera* nicht nur ein echtes Gummi, sondern auch ein echtes Kino. Es war bekannt geworden [White (118)], daß *E. resinifera* große Mengen eines roten Saftes gibt, der eingetrocknet unter dem Namen »Botany Bay kino« massenhaft nach London (schon 1857 und wahrscheinlich noch früher) eingeführt wurde und dort zeitweise die einzige Kinosorte

war. [Flückiger (24, 1)]. Diese Spezies von *Eucalyptus* ist nicht die einzige Art dieser Gattung, aus der die Droge dargestellt wird. Andere Arten liefern sogar mehr und besseres Kino. Wiesner (120) untersuchte sechzehn verschiedene Kinosorten, die von folgenden *Eucalyptus*-Arten herrührten: *E. corymbosa* Sm., *E. globulus* Labill., *E. rostratus* Schlecht. (= *E. rostratus* Cav. = *E. robusta* Sm.), *E. leucoxylon* D. Muell., *E. corynocalyx* F. Muell., *E. citriodora* Hook., *E. maculata* Hook., *E. calophylla* R. Br., *E. amygdalina* Labill., *E. piperita* Sm., *E. pilularis* Sm., *E. fabiorum* Schlecht., *E. fissilis* F. Muell., *E. gigantea* Hook., *E. viminalis* Labill. und *E. obliqua* L'Hér. (vielleicht identisch mit *E. gigantea* Hook.). Außer den hier genannten *Eucalyptus*-Arten scheinen noch die folgenden Kino zu liefern: *E. stellulata* Sieb. (das hieraus dargestellte Gummi führt den Namen »Greggum«), *E. Risdoni* Hook. (»dropping gum«), *E. saligna* Sm. (»grey gum«), *E. melliodora* A. Cunn. (»red gum«), *E. odorata* Behr. (»red gum«), *E. eximia* Schan. (»rusty gum«), *E. haematosa Sm.* (»spotted gum«), *E. goniocalyx* F. Muell. (»spotted gum«), *E. coriacea* A. Cunn. (»weeping gum«), *E. botryoides* Sm. (»blue gum«), *E. megacarpa* F. Muell. (»blue gum«), *E. diversicolor* F. Muell. (»blue gum«), *E. loxophleba* Benth. (»York gum«), *E. virgata* Sieb. (»gumtrop«), *E. patens* Benth. (»black beetle gum«) und *E. ficifolia* F. Muell. (»black beetle gum«). Als Kino liefernd werden noch angeführt: *E. punctata* DC. [Wehmer (116, 1)], *E. drepanophylla* F. Muell. [Mannich (67)] und *E. occidentalis* Endl. (»Malletbaum«, in Westaustralien »flat topped Yate« genannt). Paessler (80). In Benthams und F. Muellers Werk über die Flora Australiens (5) werden die zahlreichen in Australien aus *Eucalyptus*-Arten dargestellten extraktartigen Körper (Kino) durchweg als »Gummi« bezeichnet; es heißt sogar, daß diese Bäume Gummiharze liefern und deshalb Gummibäume genannt werden. — Nach J. H. Maiden gibt eine Leguminose Australiens: *Milletia megasperma* F. v. M. gleichfalls brauchbares Kino. [Beckurts (4)]. Das westafrikanische oder »Gambiakino« stammt von dem in Senegambien bis Angola einheimischen *Pterocarpus erinaceus* Poir (Leguminosae). Im ehemaligen Deutsch-Ostafrika kommt derselbe Baum vor und liefert ein Kino, »Kino von Kilossa«, das nach den Untersuchungen von H. Thoms (108) zu den besten Sorten gerechnet werden kann. Von Busse wurden im ehem. Deutsch-Ostafrika kinoartige Sekrete, von drei verschiedenen Leguminosen stammend, gesammelt, nämlich von *Pterocarpus Bussei* Harms, *Derris Stuhlmanni* Harms und *Berlinia Eminii* Taub. Nach den Untersuchungen von Schaer (95) sind diese Kinoarten wohl sehr aschereich, könnten aber doch ihrer sonstigen Eigenschaften wegen, besonders die zwei erstgenannten, zu medizinischen und technischen Zwecken brauchbar sein. Das Kino von Berlinia dagegen enthielt, wie schon Schaer angibt, beträchtliche Mengen eines quellbaren Gummi und ist eher als eine Gummiart tragantartiger Natur anzusprechen [Schaer (95); Mannich (66)]. Dies um so mehr, als Wiesner bei der mikroskopischen Untersuchung in dem gummiartigen Anteil dieses Kino noch die Struktur des Gewebes nachweisen konnte, durch dessen Umwandlung das Gummi entstanden ist.

Beinahe ganz aus dem Handel verschwunden ist das westindische Kino, Kino von Jamaika, oder »Kino occidentale«, das aus der Rinde von *Coccoloba uvifera* Jacq., einer auf den Antillen und in Südamerika vorkommenden Polygonacee, bereitet wird. [Ernst (22)]. Es wird von Duncan 1803 zuerst erwähnt. Heckel und Schlagdenhauffen (40) untersuchten das rote Sekret, das aus den im Monat September in die Rinde von *Dipteryx odorata* Willd. (Tonkabohnen, Guayana, Leguminosae) gemachten Einschnitten ausgetreten war und fanden, daß es den bekannten Kinosorten gleicht.

Das orientalische oder bengalische Kino wird in Vorderindien aus der Rinde von *Butea frondosa* Roxb. (= *Erythrina monosperma* Lam.), *B. superba* Roxb. und *B. parviflora*-Bäumen aus der Familie der Leguminosen dargestellt.

Ed. Schaer (92) beschreibt eine Kinosorte, die durch Einschneiden in den Stamm von *Myristica malabarica* Lam., einer im südlichen Indien vorkommenden Myristicacee, gewonnen worden war und

den indischen Namen »Kat jadikai« führt. In seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften stimmt dieses Kino ziemlich genau mit dem Malabarkino überein. Indischer Herkunft sind auch die von D. Hooper (44) beschriebenen Kinoarten von *Myristica gibbosa* Hook. und *M. Kingii* Hook. (flüssiges Myristica-Kino); sie erinnern im eingetrockneten Zustand an Malabarkino. Ebenso wurde von E. Schaer (96) gefunden, daß das als Drachenblut in Venezuela oder Kolumbien bezeichnete Sekret der Rinde von *Pterocarpus draco* L. (Leguminosae) und ein sogenanntes mexikanisches Drachenblut von *Croton draco* Schlecht (Euphorbiaceae) in der chemischen Zusammensetzung dem Malabarkino viel näher stehen als dem Drachenblut. Später wurden von Schaer (94) noch drei in Zentral- und Südamerika vorkommende Crotonarten: *Cr. erythraeum* Mart., *Cr. hibiscifolium* H. B. K. und *Cr. polycarpum* Benth. als Kino liefernd bezeichnet, und D. Hooper (46) beschreibt endlich noch eine von *Cr. tiglium* L. stammende Kinosorte. Nach Hooper wird ein Kino auch von *Macaronga Roxburghii* Wight (Euphorbiaceae) gewonnen. Hooper (45).

Maiden bezeichnet als »flüssiges Kino« den Rindensaft, der aus Einschnitten, die in den Stamm von *Angophora intermedia* DC. (einer baumartigen Myrtacee in Neusüdwales und Queensland) gemacht werden, herausfließt. Nach Maiden (65) enthält dieses flüssige Kino: Tannin, Phlobaphen, Katechin und hat ein spez. Gewicht von: 1,008—1,022. Australischer Herkunft sind noch: das Kino von Colombo, Bangley Cruk, East-Wood, Botang, Blue Mountains. Genannte Kinosorten, die im europäischen Handel nicht erscheinen, sondern nur lokale Bedeutung besitzen, stammen gleichfalls von Angophora-Arten: *A. Woodsiana* Bail., *A. lanceolata* Cav., *A. subvelutina* F. Muell. und *A. cordifolia* Cav. v. Wehmer (116, 2). Kinoähnliche Pflanzensäfte liefern noch *Ceratopetalum apetalum* Don. und *Cer. gummiferum* Sm., Bäume (Familie der Cunoniaceae), welche in Ostaustralien heimisch sind. Dragendorff (16).

Hier wäre noch ein Sekret zu nennen, das wohl als Katechu bezeichnet wird, aber seiner Gewinnungsweise und des Aussehens wegen kinoartiger Natur ist. Es stammt von einer in China und Hinterindien vorkommenden Bombacacee: *Bombax malabaricum* DC.; es fließt nur beim Einschneiden in die Rinde der verwelkenden Sprosse oder nach Insektenstichen aus. Im erstarrten Zustand bildet es eine gummiartig klebrige, weiße, undurchsichtige Masse, die sich bei weiterem Eintrocknen in eine harte, mahagonifarbige, hohle Träne mit teeartigem Geruch und von zusammenziehenden Wirkungen umwandelt. Philipps (86).

a) Pterocarpuskino.

Von den *Pterocarpus*-Arten, die als Kino liefernd angeführt werden, ist die wichtigste Art *Pterocarpus marsupium* Roxb., dessen Kino unter dem Namen Malabar- oder Amboinakino schon seit langer Zeit im Handel erscheint. Die Rinde dieses Baumes, der einen Umfang von 2,5 m erreicht, enthält in kurzen, zu Strängen vereinigten Schläuchen [v. Hoehnel (43)] einen roten Saft, der durch rinnenförmige Einschnitte zum Austritt gebracht und in Gefäßen gesammelt wird, sich nach wenigen Stunden verdickt und in der Sonne rasch erstarrt. Nach einem anonymen Verfasser (2) soll in den letzten Jahren der Rindensaft an dem Gewinnungsort gekocht und in halbflüssigem Zustand nach der Ebene gebracht werden, wo er erst nach längerer Zeit vollständig eintrocknet. In den Staatswaldungen der Malabarküste erhalten die Sammler gegen eine kleine Abgabe die Erlaubnis zur Gewinnung des Kino [Flückiger (24, 3)]. Das Malabarkino besteht aus eckigen, nur wenige Millimeter messenden Stückchen von dunkelgranatroter Farbe, starkem Glanz und adstringierendem, später etwas süßlichem Geschmack. Die Dichte beträgt bei 15° C 1,18.

Im Mikroskop erscheinen dünne Splitter klar, durchsichtig, amorph und von Rissen durchsetzt. Im Polarisationsmikroskop erweist sich die Substanz des Kino als einfachbrechend.

In kaltem Wasser löst sich nur wenig vom Kino auf. In heißem Wasser hingegen und in Alkohol geht fast die ganze Substanz in Lösung, beim Erkalten scheidet sich der größte Teil wieder aus. Auch

bei alkoholischen Lösungen findet bisweilen nach längerer Aufbewahrung eine Ausscheidung in Form einer Gallerte statt. Die Lösung schmeckt herb, reagiert sauer und hat eine rubinrote Färbung. Eisenoxydsalze rufen schmutziggrüne, starke Säuren lichtbräunliche Fällungen hervor.

Das Pterocarpuskino enthält als Hauptbestandteil Kinogerbsäure (75—80 %), Kinorot, geringe Mengen von Brenzkatechin, Kinoin (1,5 %), Wasser, Extraktivstoffe und Mineralbestandteile. Die Kinogerbsäure ist eine amorphe, braune Substanz, die aus der wässrigen Kinolösung durch verdünnte Mineralsäuren gefällt wird und mit Eisenchlorid dunkelgrüne Niederschläge gibt. Durch Kochen mit Mineralsäuren wird sie in Traubenzucker und Kinorot gespalten. Das Kinorot ($C_{28}H_{22}O_{11}$) wurde von Etti aus Kino dargestellt; es bildet eine amorphe, rote, in Wasser schwer-, in Alkohol leichtlösliche Masse, die von Leimlösung gefällt, mit Eisenchlorid schmutziggrün gefärbt wird und bei trockner Destillation Phenol, Brenzkatechin und Methyläther liefert. Das Kinoin ist eine farblose, kristallisierte, in Wasser schwer-, in Alkohol leichtlösliche Substanz ($C_{14}H_{12}O_6$), die durch Eisenchlorid rot gefärbt, von Leimlösung nicht gefällt wird und beim Erhitzen mit Salzsäure Gallussäure, Brenzkatechin und Methylchlorid gibt. Wird es auf 130° erhitzt, so geht es in Kinorot über. Das Vorkommen von Brenzkatechin wurde von Eisfeld konstatiert, ist aber später wieder zweifelhaft geworden, nachdem von Brougthon dieser Körper weder in der Rinde, noch im Holze des lebenden Baumes aufgefunden werden konnte. Noch spätere von E. White mit verschiedenen Proben von Malabarkino ausgeführte Versuche ergaben jedoch für alle Fälle das Vorhandensein von Brenzkatechin. Von vornherein ist das Auftreten von Brenzkatechin im Kino nicht unwahrscheinlich, da geringe Mengen hiervon in den Blättern des wilden Weines (*Ampelopsis hederacea* Mich., Nitaceae) von Gorup-Besanez nachgewiesen wurden. D. Hooper berichtet über die Auffindung eines Enzyms in Pterocarpus- und anderen Kinoarten, von dem er annimmt, daß es die Ursache des »Gelatinierens« der Kinotinkturen sei; bei 100° C wird das Enzym zerstört.

Das von *Pterocarpus erinaceus* Poir. stammende Kino wurde von Thoms (108) näher untersucht. Nach ihm bildet dieses Kino (»Kino von Kilossa«) kleine, leicht zerbröckelnde, eckige Stücke von dunkelroter Farbe. Dünne Splitter sind durchsichtig. In vier Teilen heißen Wassers ist das Kino völlig löslich, die Lösung schmeckt herb und reagiert sauer. Mit Eisensulfat wird die Lösung violett, durch Hinzufügen von Natronlauge rot. In Alkohol ist das Kino wenig löslich.

Der Aschegehalt des Pterocarpuskino ist sehr wechselnd. Flückiger (24, 4) gibt ungefähr 6 % weiße Asche an; H. Thoms (108) erhielt beim Veraschen des von ihm untersuchten ostafrikanischen Kino nur 0,78 % Asche. Auffallend groß ist die Aschenmenge in dem von Busse aufgefundenen, von Schaer (93) der chemischen Untersuchung unterzogenen Kino von *Pterocarpus Bussei* Harms: über 25 %. Beim Verbrennen des Kino entwickelt sich ein aromatischer Geruch.

Durch Schmelzen des Kino mit Ätzkali erhielt Hlasiwetz 9 % Phlorogluzin und Stenhouse Protokatechusäure.

β) Eukalyptuskino.

Das »Eukalyptuskino« [Wiesner (120)], fälschlich auch »Eukalyptusgummi« genannt, bildet entweder tropfenförmige Stücke oder Bruchstücke sehr verschiedener Größe.

Manche Sorten bestehen aus einer kleinkörnigen, krümligen Masse, andere aus bis 10 ccm großen Bruchstücken. Die Farbe ist je nach der Abstammung verschieden. Tiefrot gefärbt ist das Kino von *Eucalyptus corymbosa,* zirkonrot das von *E. rostratus, E. amygdalina, E. gigantea, E. piperita* und *E. fissilis;* schwarzrot das von *E. leucoxylon* und *E. fabiorum*; vom Aussehen des Pterocarpuskino das Kino von *E. viminalis* und *E. obliqua*; rotbraun das von *E. globulus* und *E. corynocalyx*; von der Farbe und überhaupt dem Aussehen der *Aloë lucida* (*A. succotrina*) das von *E. citriodora* und *E. maculata.* Der Glanz des australischen Kino stimmt in der Regel mit dem des Pterocarpuskino überein, nur die von *E. corynocalyx, E. amygdalina, E. pilularis* und *E. fissilis* herrührenden Sorten sind auf frischer Bruchfläche fettglänzend, auf alter Bruchfläche

häufig ganz glanzlos. Geruch ist an dem australischen Kino nicht wahrzunehmen. Der Geschmack ist zusammenziehend. Die Dichte der Körner ist gleich 1,11, nach völliger Entfernung der Luft 1,14.

Im Mikroskop erscheinen selbst gröbere Splitter mit gelbroter Farbe, durchscheinend und kristallfrei; es zeigt sich ferner bei Betrachtung des australischen Kino zwischen den Nicolschen Prismen, daß die Substanz völlig isotrop ist. — In Wasser und in Weingeist lösen sich die Arten des Eukalyptuskino mehr oder weniger leicht und vollständig. Die Lösungen reagieren meist sauer; die wässrigen Lösungen schäumen beim Schütteln.

Sehr leicht löst sich in Wasser das Kino von *E. corymbosa, E. globulus, E. rostratus, E. leucoxylon, E. citriodora, E. maculata, E. calophylla, E. amygdalina, E. piperita, E. pilularis* und *E. obliqua*. Die übrigen der oben genannten sechzehn Eukalyptus-Arten liefern ein in Wasser schwer lösliches Kino. Die Kinolösungen mit saurer Reaktion sind im erkalteten Zustande trüb, klären sich aber beim Erwärmen. — Tief blutrote Lösungen geben das Kino von *Eucalyptus corymbosa* und *E. pilularis*; die übrigen Kinosorten geben rötlichgelbe oder gelblich gefärbte Lösungen.

Alle Sorten lösen sich in Weingeist entweder vollständig oder mit Hinterlassung geringer Substanzmengen auf, bis auf die von *Eucalyptus gigantea* herrührende, die so reich an Gummi ist, daß sie sich in Weingeist fast gar nicht auflöst.

Aus den Lösungen aller Sorten von Eukalyptuskino wird die Kinogerbsäure durch Schwefelsäure als blaßrote, flockige Substanz gefällt. Mit kleinen Mengen von Eisenchlorid kann man in den wässrigen Lösungen aller Sorten von Eukalyptuskino, mit alleiniger Ausnahme der von *E. obliqua* und *E. drepanophylla* [Mannich (67)] stammenden, schmutziggrüne Niederschläge hervorrufen. Eisenoxydsalze geben mit der wässrigen Lösung letztgenannter Sorten eine dunkelviolette Fällung.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die wässrigen Lösungen einiger Sorten von Kino (von *E. corymbosa, E. citriodora* und *E. maculata*) einen angenehmen, dem Bordeauxwein ähnlichen Geruch haben.

Das australische Kino enthält Kinogerbsäure, Katechusäure (?), Brenzkatechin, häufig eine dem arabischen Gummi nahestehende, in Wasser leichtlösliche Gummiart und Wasser. Alle Eukalyptuskinosorten sollen geringe Mengen von Gallussäure enthalten. Mineralische Substanzen kommen nur in sehr geringen Mengen vor, da reine, d. h. rindenfreie, Stücke nur Spuren von Asche liefern. Heckel und Schlagdenhauffen geben für das Kino von *Eucalyptus viminalis* eine Aschenmenge von 0,25 % an, und nach K. Mannich (67) beträgt der Aschengehalt des Kino von *E. drepanophylla* sogar nur 0,09 %. Frei von Gummi ist das Kino von *Eucalyptus corymbosa, E. globulus, E. rostratus, E. corynocalyx, E. calophylla, E. piperita* und *E. obliqua*. Wie schon erwähnt, ist das Kino von *E. gigantea* sehr reich an Gummi. Nach J. Moeller enthält das Kino von *E. Stuartiana* und *E. viminalis* Harz.

Das australische Kino kommt aus verschiedenen Ländern Australiens unter den Namen blood-wood gum, red gum, spotted gum, black beetle gum usw. in den Handel, und zwar aus Viktoria, Neusüdwales und Queensland. Die besten Sorten stammen von *Eucalyptus corymbosa, E. rostratus* und *E. citriodora*, die geringsten von *E. fabiorum, E. gigantea* und *E. viminalis*.

Über die Gewinnung des Kino von *Eucalyptus rostratus* berichtet Maiden (64), daß zu diesem Zwecke die Baumstämme an den Stellen, wo sie Gummifluß zeigen, so weit angeschnitten werden, bis eine Gummiader getroffen ist. In die Wunde wird ein Stückchen Blechrinne eingesetzt und der herausfließende, säuerlich riechende Saft in Eimern gesammelt, wo er in wenigen Tagen zu einer festen brüchigen Masse erstarrt.

γ) Buteakino.

Dieses Kino, auch »Palasakino«, »bengalisches, ostindisches Kino« genannt, stammt von *Butea frondosa* Roxb., *B. superba* Roxb. und *B. parviflora* Roxb. (Leguminosae). Diese Bäume geben freiwillig oder infolge von Einschnitten einen an der Luft bald erstarrenden Saft ab, der in diesem Zustand flache, mit Blatt- und Korkstückchen vermengte Stücke oder Körner von schwachem Glanze und

dunkelroter bis schwarzer Farbe bildet [Flückiger (24)]. In kochendem Wasser quellen die Körner nur auf, ohne an das Lösungsmittel gefärbte Substanzen abzugeben. Nach A. Schmidt ist das Buteakino auch in Alkohol weniger löslich als das Malabarkino (Dieterich, Analyse der Harze). Mit Kalilauge verwandelt sich dieses Kino in eine schön karminrot gefärbte Gelatine, die sich mit Wasser zu einer flockigen Lösung verdünnen läßt. Feine Splitter färben sich mit Eisenvitriol grün.

Die zwei erstgenannten Kinosorten können so wie Katechu und Gambir zum Färben und Gerben verwandt werden und finden in Australien, in beschränktem Maße auch in Europa (hier zur Weinschönung und Lederbearbeitung), Anwendung. Malabarkino wird auch medizinisch verwandt.

Die verschiedenen Kinosorten unterliegen im Handel bedeutenden Preisschwankungen. Maßgebend für die Wertbeurteilung eines Kino sind nach Caesar und Lorentz sein Gehalt an Kinogerbsäure, seine Löslichkeit in Wasser und Alkohol und sein Aschegehalt. (Dieterich, Analyse der Harze.)

b) Gerbhölzer.

16. Kastanienholz. (Siehe auch Abschnitt Hölzer.) Die in Südeuropa heimische, namentlich in Südfrankreich, Spanien und Italien verbreitete *Castanea vesca* L. (Fagaceae) und die nordamerikanische, besonders in Karolina wachsende Kastanie, die der europäischen verwandtschaftlich sehr nahesteht, liefern Holz für Gerbzwecke.

Während das Kastanienholz in Frankreich und Italien zur Gerbstoffgewinnung seit längerer Zeit ausgiebig benutzt wurde, hat man in Deutschland, der Not gehorchend, erst während des Krieges die namentlich in Süddeutschland nicht unbeträchtlichen Bestände für die Lederindustrie nutzbar gemacht. Im Holz nimmt, wie bei der Eiche, der Gerbstoffgehalt mit dem Alter der Bäume zu, doch sind im Gegensatz zur Eiche schon 12—18 jährige Bäume abbauwert.

Die Rinde des Kastanienbaums ist ebenfalls reich an Gerbstoffen, so daß die Ausbeute von beiden zusammen recht lohnend ist. Der Gerbstoffgehalt des Holzes beträgt etwa 7—12%, der der Rinde 8—14%. Die Kastanie wächst schneller als die Eiche und liefert bei gleichem Alter das 4—7fache an Gerbstoff gegenüber der Rindennutzung im Eichenschälwald. Paessler (84) hat darum vorgeschlagen, in geeigneten Gegenden Kastanien statt Eichen anzupflanzen.

In Nordamerika hat man die *Castanea dentata* für Gerbzwecke auszunutzen versucht und gefunden, daß das Holz mehr Gerbstoff und weniger Farbstoff enthält als die Rinde. Das Holz von 15 Jahre alten Bäumchen hat bereits 7,8 % Gerbstoff, das 90 jähriger Bäume 9,7 %. Der Gerbstoffgehalt ist vom Standort der Bäume abhängig. Durch Behandlung des wässrigen Holzauszuges mit Blutalbumin wird die Ellagengerbsäure ausgefällt, die Farbe aufgehellt, sowie die Wirkung des Gerbtoffs gemildert. Der Kastanienholzgerbstoff verleiht dem Leder eine größere Reißfestigkeit als der Gerbstoff von Quebrachoholz, Eichen- und Hemlockrinde. Griffith (28).

17. Quebrachoholz. Als »Quebracho« werden vier Spezies bezeichnet:

1. *Schinopsis Lorentzii* (Grisb.) Engl., } Anacardiaceae.
2. *Schinopsis Balansae* Engl., } Beide als »Quebracho colorado« bezeichnet.
3. *Aspidiosperma quebracho* blanco., Apocynaceae.
4. *Jodina rhombifola* Hook u. Arn., Santalaceae. Südbrasilien, Argentinien und Uruguay, deren Rinde verwertet wird.

Das Quebrachoholz der Spezies 1 und 2 wird meist als Blockholz nach Europa ausgeführt und als »Lohschnitt« oder »Hirnschnitt« zerkleinert. Ersterer wird in den Lohgruben, letzterer zur Herstellung von Gerbebrühen verwandt. Wegen der Armut an Säurebildnern kann dieses Gerbmittel nur als Beigabe zu andern benutzt werden. Bei der Schnellgerbung ist Quebracho zwar wertvoll, hat aber den Nachteil, daß es sich nur schwer extrahieren läßt und daß die heiß hergestellten Gerbebrühen beim Abkühlen beträchtliche Mengen des Gerbstoffs als Schlamm wieder ausfallen lassen. [Paessler (83)]. Zur Darstellung des technisch wichtigen Quebrachoextraktes wird das Kernholz herangezogen. Der gerbstoffarme Splint wird

vorher entfernt. Die 3—4 m langen, rotbraunen Holzstücke, die »Rozillos« der Eingeborenen, haben ein spez. Lufttrockengewicht von 1,12—1,39. [Lepetit (58)]. Das Holz aus dem Gebiet des Gran Chaco wird am meisten geschätzt. Ein Zusatz von Borneo-Katechu zum Quebracho-Auszug löst dessen lösliche Stoffe zum Teil. Derartige Gemische haben einen höheren Gehalt an gerbenden Stoffen als dem Verhältnis der einzelnen Bestandteile entspricht. 1908 führte Argentinien 254 571 t Quebrachoholz aus. Deutschland allein importierte 1909: 934 369 Doppelzentner. Arm an Gerbstoffen ist das Holz von *Aspidiosperma quebracho* blanco. Sein Gehalt von rund 2—4 % macht es als Gerbmittel wertlos. Die bis 3 cm dicken Rindenstücke stammen von älteren Bäumen und sind medizinisch wichtig. Kerr (50) gibt eine durch Abbildungen erläuterte Abhandlung über die Quebrachowaldungen Südamerikas, über den Quebrachobaum selbst, sowie über die Gewinnung und Beförderung des Holzes.

Quebrachoextrakte führen oft Zusätze von Mangrovenrinden- oder Sulfitzelluloseextrakt. Beide sind als Fälschungen anzusehen. Myrobalanen und Sumachzusätze sind, weil an sich gute Gerbmittel, nicht als Verfälschungen zu betrachten. [Lepetit (58).]

18. Katechu. Das schon im klassischen Altertum bekannte Katechu wird aus dem Holze von *Acacia catechu* (Leguminosae) gewonnen.

Katechu ist in Europa seit dem 16. Jahrhundert im Gebrauch. Es wurde zuerst für eine Mineralsubstanz gehalten und als »Terra japonica« bezeichnet. 1687 wies Schroeck den pflanzlichen Ursprung nach. Eine größere industrielle Bedeutung hat Katechu erst seit 1827 erlangt. Man begann es in dieser Zeit besonders in Frankreich im Zeugdruck zu verwenden.

Alles Katechu des Handels wird aus dem Holz der in Indien und Ceylon vorkommenden Gerber-Akazie: *Acacia catechu* Willd. gewonnen. Nebensächliche Bedeutung hat wegen ihres seltenen Vorkommens noch die in Vorderindien und Ostafrika heimische *Acacia suma* Kra, die ebenfalls als katechinreich gilt, aber nicht ausgebeutet wird. Die Eingeborenen des Malaiischen Archipels benutzen Katechu zusammen mit den bekalkten Blättern von *Piper betle* L. zum Betelkauen. Miquel (71), Meyen (68), Tichomirow (109). Die Erzeugung des »Bombay- oder Pegu-Katechu« wird außer in Bengalen, Ceylon und an der Koromandelküste vorzugsweise in Hinterindien auf der Halbinsel Malakka betrieben. Der Ausfuhrhafen für Europa und Ostasien ist Rangoon. Das Holz der erwähnten *Acacia*-Arten enthält oft so reichlich Katechin, daß es in den Spalten des Stammes ausgeschieden wird. In Indien wird Katechu unter dem Namen »Khersal« medizinisch verwandt [Flückiger (24), Dymock (17)]. Das in Indien als »Kath« oder »blasses indisches Katechu« bezeichnete Produkt ist nichts anderes als kristallisiertes Katechin, das aus Zweigen gewonnen wird, die in eine heiße konzentrierte Lösung des Akazienholzextraktes gehängt werden. Beim Erkalten der Lösung setzen sich Kristalle an den Zweigen fest, die gesammelt das erwähnte Produkt liefern [Rupe (90)]. Das »blasse indische Katechu« kommt selten nach Europa. Meist wird es von den Eingeborenen beim Betelkauen verbraucht. Extrakte von Katechu und Gambir (siehe dieses) werden noch heute von den Eingeborenen nach altbewährter Weise durch Kochen und Eindampfen über freiem Feuer gewonnen. Fabrikbetrieb ließ sich aus mangelnder Rentabilität bisher nicht einführen.

Die Handelsware wird durch Auskochen des dunklen vom gelblichweißen Splint befreiten Kernholzes gewonnen. Semler (103) gibt an, daß wahrscheinlich auch das Splintholz, ja vielleicht sogar die Zweige und Blätter zur Katechugewinnung herangezogen werden. Jedenfalls ist das Kernholz vorzugsweise der Sitz des Katechins. Das Holz der gefällten, entrindeten, vom Splint mehr oder weniger befreiten Stämme wird in kleine Stücke geschnitten oder zerhackt in irdenen Töpfen (»Gharrahs«) mit Wasser übergossen und solange gekocht, bis die Brühe dunkel und dickflüssig geworden ist. Darauf in größere flache Gefäße gegossen und weiter eingedampft, wird die beim Erkalten erstarrende Masse entweder in viereckige Tonformen ausgegossen oder auf eine mit Asche von Kuhmist bestreute Matte getan und dann der Sonne ausgesetzt zum Erstarren ge-

bracht. In manchen Gegenden läßt man das bis zur Teerdicke eingekochte Extrakt in Töpfen zwei Tage lang stehen. Wenn die Masse knetbar geworden ist, werden Ballen von der Größe einer Orange geformt und diese zum Trocknen auf Reisspreu oder große Blätter gelegt. Mit diesen Unterlagen gelangen die Stücke in den Handel. Die Qualität der auf letztbeschriebene Weise gewonnenen Katechusorte ist relativ schlecht. Bessere Qualitäten erhält man nach den beiden zuerst beschriebenen Methoden. Die auf diese Weise gewonnenen und getrockneten, viereckigen oder unregelmäßig geformten Blöcke sind 35—40 kg schwer und werden, oft in die großen Blätter von *Dipterocarpus tuberculatus* Roxb. gewickelt, in Säcken oder Kisten verschickt. Das auf diese Weise bereitete Katechu führt in Indien den Namen »Cachon«, bei den Engländern »cutch«.

»Pegukatechu« hat eine matte, schwarzbraune, stellenweise rötliche oder lederartige Farbe und großmuscheligen Bruch. Die Bruchflächen sind fettglänzend, scharfkantig oder körnig. Katechu ist spröde, wenigstens an der Oberfläche, und undurchsichtig, im Innern bisweilen noch ziemlich weich und dann in dünnen Schichten durchscheinend [Flückiger (24)]. Unter dem Mikroskop erscheint Katechu rissig und strukturlos. Im Wasser verteilt bildet es eine zum Teil feinkörnige, zum Teil kristallinische Masse (Kristallnädelchen aus Katechin), in der ziemlich große, rhomboederähnliche Kristalle von Kalziumoxalat liegen, deren Gestalt sich noch in der Asche nachweisen läßt, ferner Bruchstücke von Holzzellen. Flückiger (24) untersuchte ein weißliches Katechu aus Nordindien, das vollständig aus Kristallnädelchen bestand. Sehr wahrscheinlich ist dieses Katechu identisch mit der oben als »blasses indisches Katchu« bezeichneten Sorte. Flückiger gibt an, daß man bei der Darstellung dieses Katechu mit besonderer Sorgfalt zu Werke ginge, und daß es nur bis zur mäßigen Konzentration eingedampft wurde.

Katechu hat schwachen Geruch, bitteren, zusammenziehenden Geschmack und süßlichen Nachgeschmack.

In kaltem Wasser löst sich Katechu nur unvollständig, in kochendem Wasser fast restlos. Die rötlichbraune Lösung ist trüb und reagiert schwach sauer. Auf Zusatz von Säure erfolgt Fällung. Eisenoxydsalze rufen schmutziggrüne Niederschläge hervor, Weingeist löst Katechu vollständig.

Als ein brauchbarer Ersatz für Katechu wurde von dem französischen Chemiker Piquet (87) das Extrakt der Rinde von *Bruguiera gymnorrhiza* Lam. (= *Rhizophora apiculata* Blume), einer im tropischen Asien und Afrika vorkommenden Mangrovepflanze (Rhizophoraceae) vorgeschlagen.

Die Verwendung des Katechu ist sehr mannigfaltig. Früher massenhaft in der Seiden- und Baumwollfärberei verwandt, wurde es fast ganz durch die Teerfarbstoffe verdrängt. Die chemischen Prozesse, die beim Färben mit Katechu vor sich gehen, sind noch nicht völlig geklärt. Gewöhnlich wird die Katechuabkochung zunächst zum Imprägnieren der Faser (Adsorption) verwandt. Dann wird durch einen nachfolgenden Oxydationsvorgang die Bildung einer unlöslichen braunen Verbindung auf der Faser hervorgerufen [Muspratt (75)]. Im Zeugdruck wird Katechu in Gegenwart des Oxydationsmittels auf die Faser gebracht (gedruckt), dann wird die Oxydation und hierdurch die Bildung des braunen Körpers durch Einwirkung von Wasserdampf (Dämpfoperation) bewirkt. Ähnlich dem Tannin oder anderen Gerbstoffen wurde früher Katechu zum Fixieren von basischen Farbstoffen verwandt.

Eine wichtige Rolle spielt Katechu noch als Gerbmaterial für schwere Ledersorten. Das mit ihm gegerbte Leder ist vortrefflich und von schön rotbrauner Farbe. Namentlich die englische und italienische Lederindustrie verwendet das Katechu in großen Mengen als Gerbmittel. Ziemlich umfangreich ist seine Verwendung auch bei der Bereitung von Faserstoffgeflechten, welche der Nässe ausgesetzt werden sollen, wie Fischnetze oder Kanvas, sog. gegerbtes Kanvas zur Überkleidung von Reisekoffern oder zur Herstellung von Zelten [Semler (103)]. Katechu dient weiter zur Bekämpfung des Kesselsteins in Dampfkesseln und findet auch medizinische Verwendung.

»Pegu-Katechu« wird mit Kaliumbichromat (um die Droge dunkler zu färben),

Tonerde, Sand und Alaun verfälscht. Zu dem Extrakt setzt man Extr. campechianum von *Haematoxylon campechianum* L., ferner den Extrakt von den Samen der *Areca catechu* L. (74, 111, 121 und andere Autoren).

c) Gerbblätter und krautartige Pflanzenteile.

19. Gambir. Gambir war den Alten schon bekannt. Gambir, auch »gelbes Katechu« genannt, ist ein Extrakt aus den jungen Stengeln und Blättern des klimmenden Strauches mit Hakenzweigen von *Nauclea gambir* Hunt. (= *Uncaria gambir* Roxb. = *Ourouparia gambir* Baill.) (Rubiaceae). Die Zweige tragen dekussierte Blattpaare. Das einzelne Blättchen ist schlank bis eiförmig elliptisch, bis 12 cm lang, am Grund kurz in einen Stiel verschmälert, ganzrandig, lederig und in eine Träufelspitze ausgezogen. Die ziemlich großen Nebenblätter sind stumpf dreiseitig. (Siehe Abb. aus Engler-Prantl, Nat. Pflanz.-Fam. 4, 4; S. 55, Fig. A.).

Kultiviert wird die Pflanze seit dem 18. Jahrhundert auf den Sundainseln und den Inseln der Straße von Malakka. Von dort wurde sie nach Ceylon und Deutsch-Ostafrika verpflanzt. Die sehr genügsame und mit jedem Boden zufriedene Art hat im »Alang-Alang«-Gras seinen größten Feind [Tschirch (111)]. Padang führte schon 1909 nahezu $1^1/_2$ Millionen kg Rohmaterial aus. Europa und Amerika sind die wichtigsten Einfuhrländer.

Unter dem Mikroskop zeigt Gambir ausgeschiedene Katechukristalle, zahlreiche Parenchymzellen und eigentümlich gekrümmte Haare. Gambir spielt in der Geschichte des »Betelkauens« eine bedeutende Rolle. Über die Verbreitung dieses für die malaiischen Völker so charakteristischen Genußmittels siehe Tschirch und Flückiger. Auf den Molukken und einem Teil Borneos und Sumatras wird Gambir beim Betelkauen nicht benutzt. Auf Bintang standen schon 1832: 6000 Gambirplantagen, 1870: 60 000 Pflanzungen. Singapore, der Sammelplatz des gesamten zur Verschiffung gelangenden Gambirs, führte 1896 nahezu 49 000 t aus [Semler (103)]. Kultur und Gewinnung lagen damals fast ausschließlich in den Händen der Chinesen. Die Pflanze stellt bedeutende Ansprüche an den Boden. Schon nach siebenjährigem Anbau ist der Boden wertlos geworden, wenn ihm nicht durch Zufuhr von Dünger die verloren gegangenen Bestandteile zurückgegeben werden. Infolge Vernachlässigung der Bodenkultur und Verfälschung des Kulturproduktes durch die Chinesen wurden die Gambirqualitäten stark heruntergedrückt und durch das bessere Quebracho verdrängt. Das Gambir ist gegen früher sehr zurückgegangen. 1907 betrug die Gesamtproduktion: 36 000 t. Seit dieser Zeit werden an der Ostküste von Sumatra von zwei europäischen Gesellschaften Gambirpflanzungen im großen Stil betrieben. Unter Aufsicht von Europäern wird dort ein chemisch ziemlich reines Produkt hergestellt (Tropenpflanzer XIII, S. 36). Die großen Gambirplantagen enthalten 80 000—100 000 Bäumchen. Eine solche Pflanzung kann täglich 70—75 engl. Pfund Gambir geben.

Auch andere *Nauclea*-Arten, z. B. *N. aculeata* L. sollen Gambir liefern [Meyen (68)]; doch hat dieser keine Bedeutung. Er führt die Bezeichnung »Gambir utang«, »Waldgambir«, und wird als Surrogat des echten Gambirs beim Betelkauen verwandt [Semler (103, 3)]. Der Name »Gambir utang« wird auf Java für die als Malariamittel gebrauchten Blätter und Rinde von *Ficus ribes* Reinw. und *Jasminum glabriusculum* Bl. gebraucht. [Wehmer (116).]

Die Anlage der Gambirpflanzungen erfolgt entweder durch Stecklinge oder durch Aussaat, ist aber immer infolge der großen Empfindlichkeit der jungen Pflanzen mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Bei sorgfältiger Bodenbewirtschaftung soll eine Gambirplantage 12—20 Jahre ertragsfähig bleiben, doch wird sie meistens schon nach 6 Jahren verlassen, da man Mühe und Kosten der Düngung scheut. Die jungen Triebe mit den Blättern werden abgeschnitten und in flachen eisernen oder besser kupfernen Pfannen mit wenig Wasser zwei Stunden gekocht, dann herausgeschöpft und in einem Trog geknetet; die ausgepreßte Flüssigkeit läßt man in die Pfanne zurückfließen und bis zur Sirupdicke einkochen. Blätter und Zweige werden dann zum zweitenmal aus-

gekocht. Das so erhaltene Extrakt mischt man mit den Abkochungen von frischem Material. Die während des Kochens auf der Oberfläche der Flüssigkeit sich ansammelnde Unreinigkeit wird mittels eines Hebers, der aus einer leeren, durchbohrten Kokosnußschale hergestellt ist, entfernt. Die Blattrückstände dienen schließlich als Dünger für Pfefferpflanzungen, mit deren gleichzeitiger Pflege die Gambirbereitung verbunden wird [Semler (103)]. Die dickflüssige Masse wird erneut in kleine hölzerne Eimer gegossen, in denen sie bis zur vollständigen Abkühlung verbleiben muß. Das dann folgende Verfahren ist sehr eigenartig und wird von R. Schlechter (97) nach eigener Anschauung in nachstehender Weise beschrieben: »Der Kuli nimmt einen oder zwei dieser Eimer und setzt ein rundes Stück Holz in die Flüssigkeit, auf dem er seine Handflächen hin- und herreibt, bis die Flüssigkeit bedeutend dicker geworden ist und eine fast gelbe Färbung erlangt hat. Nun scheint ein Koagulationsvorgang in der Masse angebahnt zu sein, der sich fortsetzt, bis der Gambir etwa die Festigkeit geronnenen Fetts hat. Darauf wird das Produkt in Würfel geschnitten und auf Stellagen getrocknet.« Diese Würfel sind schmutziggelb bis hellrotbraun (»free cubes«). In eisernen Pfannen gekocht, wird der Gambir tiefdunkelbraun. »cubes« werden auf Rhio und den benachbarten Inseln bereitet; in anderen Gambirdistrikten formt man größere Blöcke, »bales« oder runde Scheiben von der Größe eines Pennystückes, auch Waffeln, die mit Reismehl oder Zucker vermischt werden und auf der malaiischen Halbinsel und im indischen Archipel in jedem chinesischen Kaufladen zu haben sind. Diese Gambirsorte wird nicht nach Europa geschickt, sondern an Ort und Stelle von den Betelkauern verbraucht [Schlechter (97)]. Die Malaien unterscheiden: »Gambir balat« oder »Runder Gambir«; »Gambir papan« = »Tafelgambir«, »Gambir paku«, »Fingergambir« und »Gambir dudoor« = »Würfelgambir« [Zörnig (122a)]. Der gesamte für den Export bestimmte Gambir wird nach den Häfen der Straits Settlements gebracht und gelangt von hier teils auf den europäischen Markt, teils über Java nach dem östlichen Teil des Archipels und nach China [Miquel (71, 68)]. Die Gambirwürfel werden von den Produzenten meistens in feuchtem Zustand abgeliefert, weshalb es in Singapore üblich war, sie auf Matten in der Sonne noch einmal zu trocknen und dann in Blöcke (Block-Gambir) zu pressen, welche, in Matten geschlagen, verschifft wurden [Flückiger (24)]. Es ergibt sich aber auch bei dieser Verpackungsweise infolge des längere Zeit beanspruchenden Seetransports ein bedeutender Gewichtsverlust bis zu 20 %. Um diesen zu vermeiden, wird in neuster Zeit der Block-Gambir nicht mehr in Matten, sondern in Holzkisten verpackt (76).

Im Jahr 1908 erschien eine neue Gambirsorte als Block-Gambir unter dem Namen »Indragiri-Gambir« im Handel. Dieser Gambir wird in der Landschaft Indragiri auf Sumatra in einer von Europäern geleiteten Fabrik hergestellt unter Benutzung der vollkommensten Einrichtungen für die Extraktfabrikation: zweckmäßige Extraktionsanlage und Eindickung in Vakuumverdampfapparaten. Der Indragiri-Gambir wurde von J. Paessler untersucht und als nahezu frei von Blatt- und Stengelresten gefunden. Auch die übrigen Eigenschaften dieser Gambirsorte (vollkommene Löslichkeit in der Hitze, Gerbstoffgehalt) sind nach Paessler derart günstig, daß sie einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den übrigen Gambirsorten bedeutet [Paessler (79)].

Miquel (71) spricht die Vermutung aus, daß schon die alten Bewohner des Archipels die Eigenschaften der Blätter von *Uncaria gambir* kannten, daß aber die heutige Bereitungsweise erst von den Kolonisten erfunden wurde, die sich vom Festland über den Archipel verbreiteten und die Methode der Gewinnung des »Khadirasara«, nämlich des Extrakts der Arekanüsse, auf die in den Eigenschaften ähnlichen Blätter und jungen Zweige des Gambirstrauches anwandten. Das Wort Gambir leitet Miquel von dem indischen Namen der Arekapalme »Khâdir« ab.

Frischer Gambir ist von weißlicher Farbe. Schon nach einigen Wochen wird er merklich dunkler, später durch und durch rotbraun. In der Regel sind die Gambirwürfel außen bräunlich, innen gelblich. Der Gambir ist glanzlos, von erdigem Gefüge, leicht zerreiblich, fast ohne

Geruch; der Geschmack ist anfänglich zusammenziehend, später etwas süßlich. Frischer Gambir soll angenehm aromatisch riechen und süßlich schmecken [Meyen (68)]. Der in Essigsäure unlösliche Bestandteil besteht aus ziemlich dickwandigen Haaren.

Im Mikroskop gesehen erscheint der Gambir als ein Haufwerk von kleinen Kristallnadeln, zwischen denen hie und da kleine Oberhautfragmente liegen, die aus glatten, polygonal begrenzten, etwa 0,024 Millimeter breiten Zellen bestehen und vom Blatt der *Nauclea gambir* abstammen dürften. Nach Gilson lassen sich im Gambir auch Reste des Kelchs, der Blumenkrone und Parenchymteile von *Uncaria* (*Nauclea*) nachweisen. Eine mikroskopische Untersuchung mehrerer Gambirsorten mit spezieller Berücksichtigung der im erstarrten Gambirextrakt auftretenden Gewebsreste wurde von H. Brumwell (9) ausgeführt. Er fand in verschiedenen von ihm untersuchten Proben eine beträchtliche Menge von Blattgewebsresten (Epidermis), die nach seiner Darstellung eine auffallende Ähnlichkeit mit der Blattepidermis teils von *Rhus coriaria* L. (»Gerbersumach«), teils von *Pistacia lentiscus* L. oder von *Colpoon compressum* Berg. (»Kaysumach«) zeigen. Die Ähnlichkeit will Brumwell durch das massenhafte Auftreten von einzelligen, sichelförmig gekrümmten Haaren (*Rh. coriaria*), durch den Bau der Epidermiszellen von der Blattoberseite (*Pistacia lentiscus*) und von der Blattunterseite mit zahlreichen Spaltöffnungen (*Colpoon compressum*) nachgewiesen haben. Die der Abhandlung beigegebenen Mikrophotographien können aber nicht von der Stichhaltigkeit der Ansicht Brumwells überzeugen, da immer die Möglichkeit besteht, daß die beobachteten Blattreste von *Nauclea gambir*, zum mindesten von einer Rubiacee, herrühren. Einzellige, an der Spitze hakenförmig gekrümmte Haare werden auch für Rubiaceen angegeben, und was den Bau der Spaltöffnungen betrifft, so tritt dieser in dem photographierten Bild gar nicht deutlich hervor. Bei seiner Betrachtung läßt sich nicht entscheiden, ob die Schließzellen von Nebenzellen begleitet sind oder nicht, ein Umstand, der gerade in diesem Fall von Bedeutung wäre, weil das Auftreten von Nebenzellen als ein wesentlicher anatomischer Charakter der Rubiaceen bezeichnet wird [Schumann (101), Solereder (105)]. Im Gambir von Sumatra und Bintang sind Stärkekörnchen der Sagopalme nachweisbar. Sagostärke oder Reismehl wird dem Gambir beigemengt, um ihm eine größere Festigkeit zu geben.

In kaltem Wasser ist der Gambir nur unvollständig löslich. In heißem Wasser löst sich reiner Gambir dagegen leicht zu einer trüben, bräunlich gefärbten, kaum merklich sauren Flüssigkeit auf. Die Lösungen geben mit Eisenoxydsalzen schmutziggrüne Niederschläge und auch mit Leimlösung starke Fällungen. Durch langanhaltendes Kochen und Eindampfen der wässrigen Gambirlösung geht er in eine amorphe Substanz über, die alle Eigenschaften des Katechu besitzt.

Der Gambir ist erst in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts Gegenstand des europäischen Handels geworden. In den dreißiger Jahren kamen nach Meyen (68) nur kleine Mengen nach England, wo man ihn versuchsweise in der Färberei anwandte. 1839 wurden bereits 5213 t nach England eingeführt, von da an steigerte sich die Einfuhr und der Verbrauch alljährlich, sank aber gegen Ende des 19. Jahrhunderts auf ein Minimum. Zu Beginn dieses Jahrhunderts hob sich der Gambirtransport nach Europa wieder. 1910 betrug die Zufuhr nach Hamburg 1500 t, nach London gegen 900 t. Auf dem Kontinent erscheint Gambir häufig noch unter dem Namen »Katechu« oder »terra japonica«.

Der Gambir hat an Wichtigkeit als Handelsgegenstand das Katechu, mit dem er die Verwendungsweise teilt, überholt; namentlich als Gerbmaterial hat die Bedeutung des Gambir zugenommen. Für die Gerberei schien sich der »Indraguri-Gambir« zu eignen; denn die mit dieser Gambirsorte von Paessler (79) ausgeführten Ausgerbungsversuche haben ergeben, daß er ein wesentlich helleres Leder liefert als der gewöhnliche Gambir, daß außerdem die Farbe des Leders wesentlich reiner und gleichmäßiger ist, als bei letzterem. Heute wird Gambir fast gar nicht mehr gebraucht.

20. Sumach. Der »Sumach« oder »Schmack« ist eins der wichtigsten Materialien zum Gerben und Schwarzfärben.

Beide Namen kommen nach Wettstein (234) von Schemacha, Schamakhie oder Sumacha, einem russisch-asiatischen, an das Kaspische Meer und Daghestan grenzenden Distrikt, wo der Gerbersumach viel gebaut wird. Nach andrer Ansicht stammt der Name aus dem arabischen »sommaq«, welcher zu dem italienischen »sommaco« wurde. Dieses Gerbmaterial besteht aus den getrockneten und gemahlenen Blättern mehrerer Sumachgewächse und enthält gewöhnlich, mitunter sogar reichlich, Blattstiele, Bruchstücke junger Zweige und selbst Blüten beigemischt. Schon im Altertum erwähnt Solon von Athen den »Sumach«. Etwa seit der Aufrichtung der arabischen Herrschaft auf Sizilien wird Sumach dort und in Unteritalien angebaut.

Es gibt im wärmeren Europa drei verschiedene Holzgewächse, die diese Ware liefern: der Gerbersumach, *Rhus coriaria* L., ein in den Mittelmeerländern und in Kleinasien vorkommender Baum (Anacardiaceae), der wildwachsende, wegen seiner mit langen Flugorganen versehenen Fruchtstände im Volksmund so genannte »Perückenbaum« *Cotinus coggygria* Scop. (= *Rhus cotinus* L.), im mittleren und wärmeren Europa und im gemäßigten Asien vorkommend; endlich der Gerberstrauch oder »Redoul«, *Coriaria myrtifolia* L., der den Küstenländern des Mittelländischen Meeres angehört und besonders häufig im Südwesten Europas und in Nordafrika wächst. — Der »amerikanische Sumach« stammt von *Rhus glabra* L., *R. canadensis, R. copallina* L. und *R. typhina* L., der als »Essigbaum« in deutschen Anlagen angepflanzt wird.

Der ausgezeichnete und beste sizilianische, der italienische, der spanische, portugiesische und griechische Sumach stammen zweifellos von *Rhus coriaria* (Abb. 11) ab; ebenso die besseren Sorten des französischen Sumach. Der norditalienische, der Triester, der Tiroler Sumach, sowie der Sumach von Ungarn stammen von *Cotinus coggygria. Coriaria myrtifolia* (Abb. 12) liefert einige Sorten von französischem Sumach, welche im Handel unter dem Namen »provenzalischer Sumach« vorkommen.

Der Wert einer Sumachsorte hängt in erster Linie von der Art der Pflanze ab, von der er gewonnen wurde.

Wiesner (121) hat den Weg gewiesen, die botanische Abstammung einer Sumachsorte mit Hilfe des Mikroskops schnell und sicher festzustellen. Unter

Abb. 11.
Rhus coriaria L. (Nach Engler.)

allen histologischen Elementen der sumachliefernden Blätter sind die der Oberhaut angehörigen am besten geeignet, eine Sumachsorte zu erkennen, da die Morpho-

Abb. 12.
Coriaria myrtifolia L. (Nach Engler.)

logie der Oberhaut an den Blättern der drei Holzgewächse so verschieden ist, daß sich hierauf eine sichere Unterscheidung der Sumacharten gründen läßt.

α) Sizilianischer Sumach.

[Siehe auch T. F. Hanausek (34), (39); Semler (103); F. Andréasch

(235); Collins (236); F. Netolitzky (218, 237)].

Die Blätter von *Rhus coriaria* L. (Abb. 11) liefern diese an Gerbstoff reichste

Abb. 13.
Rhus coriaria L. 2 Blättchen in natürlicher Größe. (Krasser.)

Sorte. Auf Sizilien findet die Ernte Anfang August statt. Da man nur die Schößlinge wachsen läßt, gestaltet sich die Ernte ziemlich summarisch; die Schößlinge werden nahe dem Boden mit der Sichel abgemäht, an der Sonne getrocknet und entweder mit der Hand oder durch Dreschen entblättert. Aus dem so gewonnenen Material wird in eigenen Mühlen ein ziemlich grobes Pulver hergestellt, das in drei Größensorten gesiebt wird, und zwar als: 1. feiner Sumach, erste Qualität; 2. feine Rippen und grobgemahlene Blattstiele; 3. grobe Rippen und Stiele. Das letzte Produkt wird nicht verwandt; das zweite dagegen noch einmal gemahlen und als feiner Sumach zweiter Qualität verkauft. Nach Andreasch wird auch eine Sorte »Somacco feminella« unterschieden, mit weit geringerem Gerbstoffgehalt als die gute Ware. Auch Veitch (238) gibt an, daß man von *Rhus coriaria* zwei Varietäten kennt, den »Masculino«, mit einem Gerbstoffgehalt von 25—35% und den »Feminella« mit weniger als 25%. Die Stengel führen den Namen »Gambazzo«.

Feiner Sumach ist ein graugrünes, verschieden feines, eigentümlich aber schwach riechendes, zusammenziehend schmeckendes Pulver, in dem sich stets kleine, stielrunde, ocker- oder rötlichgelbe Stengelfragmente befinden, durch deren Anwesenheit, wie es scheint, die Echtheit der Ware dokumentiert werden soll.

Das einfach und unpaarig gefiederte Blatt von *Rhus coriaria* (Abb. 13) trägt an einem stark behaarten gemeinschaftlichen Stiel 5—8 Paare von Fiederblättchen (meistens 5—6 Paare) und ein unpaares Endblättchen, die 2—4 cm lang, 1—2 cm breit, meist eiförmig, länglich eiförmig, kurz spitz und gesägt oder kerbig-gezähnt sind (Abb. 13). Die untersten Fiederblättchen sind häufig ganzrandig, breit eiförmig oder eirundlich und abgestutzt. Sie sind beiderseits, an der Oberseite wenig, an der Unterseite dicht behaart. Das Fiederblättchen besitzt einen mäßig starken Mittelnerv, von dem 7—12 dünne, gerade oder nur sehr schwach gebogene Sekundärnerven abzweigen. Diese geben nahe dem Blattrand einen deutlich hervortretenden

Abb. 14.
Rhus coriaria L. Partie eines Blattquerschnittes. *cu* Kutikula, *ep* Epidermis der Oberseite, *ep'* der Unterseite, *pa* Palisaden-, *sch* Schwammparenchym, *kr* Kristallrosette, *kr'* eine solche an einer Art Stiel, *sp* Spaltöffnung, *d* Drüsenhaar, *h* Deckhaar. Vergr. 400. (Hanausek u. Weese.)

Ast ab, der zu dem Innenrand der Zähne verläuft, während der Sekundärnerv selbst in der Zahnspitze endet.

Das Blatt ist bifazial gebaut und besitzt

eine Dicke von 150—180 μ (je nach der Entfernung vom Hauptnerv, wo die [angrenzende] Lamina am dicksten ist). Davon entfallen auf das Palisadenparenchym, d. h. auf die Länge der Palisadenzellen, bis 80 μ (Abb. 14). Diese sind fast gleich lang, stellenweise unterbrochen durch Kristallzellen; häufig sind letztere gefächerte Parenchymzellen mit je einer Kalziumoxalatrosette in jedem Zellfach (Abb. 14 *pa*). Besonders große Rosetten nehmen einen die ganze Palisadenzellänge beanspruchenden Raum ein, und es fand sich auch eine Rosette (Abb. 14 *kr'*), die wie ein Zystolith an einem Stiel hing. Im Schwammparenchym, das aus rundlichen oder gestreckten Zellen besteht, ist Kalziumoxalat ebenfalls reichlich vertreten. (Abb. 14 *sch, kr*).

Der Hauptnerv bildet im Querschnitt an der Blattoberseite eine kegelige, von Kollenchym ausgefüllte Hervorragung, an der Blattunterseite eine weit vorspringende sackartige Erweiterung. Er enthält drei Leitbündel, im Siebteil drei Sekretgänge; Bastfasern sind nicht vorhanden.

Die zur Erkennung des Sumachs wichtigsten Gewebearten sind die Epidermen der beiden Blattseiten. Die Epidermis der Oberseite (Abb. 15, Abb. 14 *ep*), ist von polygonalen ziemlich scharfeckig begrenzten Zellen gebildet, die von einer fein, aber scharf gestreiften Kutikula bedeckt sind (Abb. 14/15 *cu*). Die Streifen laufen in der Richtung der Blattlängsachse. Sehr spärlich kommen schmale Spaltöffnungen (Abb. 15 *sp*), ferner mit einer stark erweiterten Basis versehene, kurze, 40—70 μ messende, einzellige und stark verdickte Haare (Abb. 15 *h*) vor. Im Querschnitt (Abb. 14 *ep*) erscheint die dicke Außenwand von der starken, deutlich abgesetzten Kutikula überzogen, das Lumen gerundet vierseitig; die Innenwände sind dünn. Die Oberhaut der Unterseite (Abb. 16) besteht aus weit kleineren, ebenfalls polygonal, aber weniger scharfeckig und häufig mit krummen Seitenwänden begrenzten Zellen und führt zahlreiche schmale Spaltöffnungen (Abb. 14 u. 16 *sp*), große, 300—400 μ messende, auf breiter Basis sitzende, ein- oder zweizellige, außen warzigrauhe, starkwandige Deckhaare (Abb. 14 und 16) und endlich mehrzellige Drüsenhaare (Abb. 14 u. 16 *d*), die aus einer langen Stielzelle und aus mehreren zu einem Köpfchen vereinigten Sekretzellen zusammengesetzt sind. Die um die borstenförmigen Deckhaare stehenden Zellen erscheinen in der Flächenansicht rosettenförmig angeordnet, sind aber, wie sich am Querschnitt erweist, wulstartig

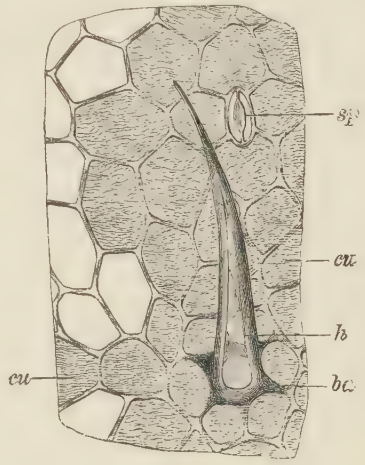


Abb. 15.
Rhus coriaria. Epidermis der Blattoberseite, Flächenansicht. Bezeichnung wie in Abb. 14, *ba* Haarbasis. Vergr. 400. (Aus: Realenzyklopädie d. ges. Pharmazie, Bd. 11.)

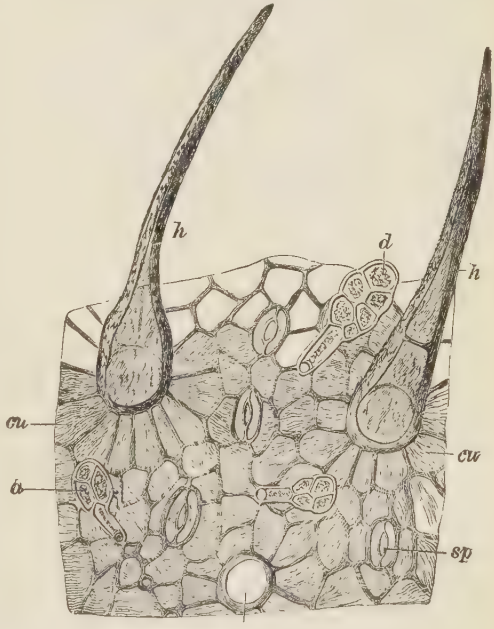


Abb. 16.
Rhus coriaria. Epidermis der Blattunterseite, Flächenansicht. Bezeichnung wie in Abb. 14. *ba* Insertionsstelle eines (abgefallenen) Deckhaares. Vergr. 400. (Aus: Realenzyklopädie d. ges. Pharmazie, Bd. 11.)

über die Epidermis emporgehoben (Abb. 14 bei *h*); besonders mächtig sind diese Wülste am Blattstiel, der ebenfalls reichlich Haare führt. Die Epidermiszellen, die über den Hauptnerven liegen, sind langgestreckt und zeigen, wie die der Blattlamina, eine ausgezeichnete Kutikularstreifung (Abb. 16 *cu*).

Der sizilianische Sumach dürfte von allen Sumachsorten den größten Gehalt an Gerbstoff besitzen. Doch schwankt die Menge sehr bedeutend; kurz vor der Blüte gesammelte Blätter sind am gerbstoffreichsten. In altem Sumach soll die größere Menge des Gerbstoffes durch Gärung in Gallussäure und Zucker umgewandelt sein [Muspratts (75)]. Stenhouse (239) hat den Sumachgerbstoff mit dem der Galläpfel als identisch erklärt, was von Löwe (240) für *Rhus coriaria* bestätigt worden ist.

Über den Gerbstoffgehalt der Sumachsorten von verschiedenen *Rhus*-Arten orientiert folgende Zusammenstellung:

	Gerbstoff in %
Rhus copallina (Juniernte) . .	22,75
Rhus copallina (Juliernte) . .	27,38
Rhus copallina (Augusternte) .	16,99
Rhus glabra (Virginien, Augusternte)	23,56
Rhus glabra (Columbia, Augusternte)	16,50
Rhus glabra (Java, Augusternte)	16,87
Rhus typhina (Java, Augusternte)	16,18
Rhus sp. aus Carolina	5,00
Rhus sp. aus Virginien	10,00
Rhus coriaria (Sizilien) . . .	16—24,37

(Nach Gintl (241) haben schlechte Sorten mitunter nur 5 %.)

In den Blättern der *Rhus*-Arten ist auch ein gelber Farbstoff enthalten, der mit dem Rindenfarbstoff von *Myrica nagi* Thunb. (China—Japan) identisch sein soll und Myricetin ($C_{15}H_{10}O_8$) genannt worden ist [Perkin und Hummel (242)]. Auch in den Stengeln kommt der Farbstoff vor. (Siehe Farbstoffe, B, 103.)

Der sizilianische Sumach unterliegt mannigfachen und recht ausgiebigen Verfälschungen, worüber am Schluß dieses Abschnitts berichtet wird. — *Rhus pentaphyllum* Desf., dessen Blätter den »algarischen Sumach« liefern, läßt aus Holz und Wurzeln einen schönen hellen Gerbextrakt gewinnen, der dem Quebrachoextrakt sehr ähnlich ist. Lepetit (58).

β) Triester (tiroler, ungarischer) Sumach, Schmack oder Barosch.

Diese Sumachsorte stellt die Blätter des Perückenstrauches (Scotano oder Scotanello der Italiener) *Cotinus coggygria* Scop. (Anacardiaceae) dar, dessen Holz ein bekanntes Farbmaterial, das Triester Gelbholz (jungen Fustik) liefert. Das Blattmaterial gelangt nach mechanischer Reinigung und Trocknung als »Ventilato« in den Handel. Das Blattpulver heißt »Molito«. Letzteres wird manchmal mit dem geringwertigen *Pistacia lentiscus* und *Tamarix africana* (Tamaricaceae) verfälscht. Das Blatt ist einfach, viel größer als ein Fiederblatt von *Rhus*, ganzrandig, gestielt, verkehrt eiförmig, eirundlich oder rundlich, vollständig kahl, auf der Unterseite hellgrün, auf der Oberseite dunkler. Von der kräftigen Mittelrippe zweigen unter rechten Winkeln oder diesen sich nähernden Winkeln feine gelbliche Sekundärnerven ab, die sich gegen den Blattrand etwa dreimal in Gabeläste teilen. Sieht man durch das Blatt auf eine belichtete Stelle, so kann man die zahlreichen kurzen, senkrecht von den Sekundärnerven abzweigenden Tertiärnerven wahrnehmen (Abb. 17).

Das bifazial gebaute Blatt [Netolitzky (243) und Hanausek (34)] besitzt eine Reihe von Palisadenzellen, deren Länge gegen 36,5 μ beträgt, bei einer Blattstärke von etwa 0,115 mm. Sowohl im Palisadenteil als auch im Schwammparenchym sind reichlich Kalziumoxalatrosetten vorhanden; diese begleiten auch die Blattnerven in langen Zügen, ein recht auffälliges Verhalten. Der Hauptnerv zeigt in der Anordnung seiner histologischen Bestandteile Verwandtschaft mit dem von *Rhus coriaria*, es fehlen auch die Bastfasern, doch kommen nur zwei Sekretgänge im Phloem vor; in den Nebennerven ist nur je ein Sekretgang vorhanden. Der Bau der beiden Epidermen zeigt wenig charakteristische Eigenschaften. Die Oberhaut der Oberseite setzt sich aus mit einer glatten Kutikula überzogenen, unregelmäßig konstruierten, gebuchteten

Zellen zusammen. Spaltöffnungen und Haare fehlen gänzlich (Abb. 18). Im Querschnitt erscheint die Außenwand stark verdickt, während die übrigen Zellwände nur dünn sind. An der Epidermis der Unterseite fallen die zahlreichen Spaltöffnungen auf, denen nicht selten schmale Epidermiszellen angelagert sind (Abb. 19 *x*), die sich anscheinend wie »Nebenzellen« verhalten; da sie aber nicht immer vorkommen, so wird man wohl von eigentlichen Nebenzellen nicht sprechen können.

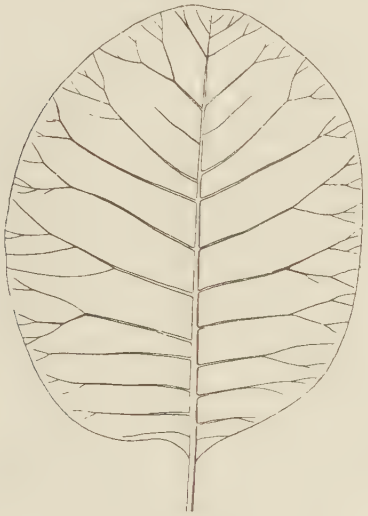


Abb. 17.
Cotinus coggygria Scop. Nat. Gr. (Krasser.)

Die Epidermiszellen sind kleiner als die der Oberseite, gerundet polygonal und etwas vorgewölbt, was sich mitunter auch in der Flächenansicht in Form einer kreisförmigen Schattierung (Abb. 19) beobachten läßt. Auch hier fehlt jede Kutikularstreifung. Vereinzelt finden sich Drüsenhaare, die wie die gleichen Organe von *Rhus coriaria* gebaut sind und als ein charakteristisches anatomisches Merkmal der Anacardiaceen zu gelten haben.

Der Triester Sumach ist nicht besonders reich an Gerbstoff, und sein Gehalt scheint bedeutenden Schwankungen unterworfen zu sein. Nach Morpurgo (244) enthält der Sumach des Triester Gebietes oft kaum 3 % Gerbstoff, der aus Dalmatien stammende 7—10 %. Wie Collin (245) berichtet, sind in montenegrinischen Sorten 28—29 % Gerbstoff enthalten. Außer zum Gerben und Schwarzfärben wird dieser Sumach auch zur Verfälschung des Pfefferpulvers verwandt. Neuestens wird aus den Blättern und Blüten ein ätheri-

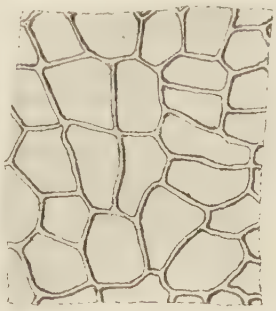


Abb. 18.
Cotinus coggygria Scop. Epidermis der Blattoberseite in Chloralhydrat, Flächenansicht. Vergr. 400. (Original von J. Weese.)

sches Öl, »Essence de Fustet«, dargestellt, dessen Geruch schwach an Neroliöl erinnert. Es besteht fast nur aus Terpenen. Schimmel & Co. (246).

Abb. 19.
Cotinus coggygria. Epidermis der Blattunterseite in Chloralhydrat, bei *x* Spaltöffnung mit (scheinbaren?) Nebenzellen. Vergr. 320. (Original von T. F. Hanausek und Weese.)

γ) Provenzalischer Sumach (Redoul).

Coriaria myrtifolia L., der Gerberstrauch, die Gerbermyrte oder der Lederbaum ist schon seit alter Zeit verwertet worden. Als Gerbmittel werden die Blätter schon von Plinius (247) genannt und als solche, sowie zum Schwarzfärben, sind sie auch heute noch unter den Namen »provenzalischer Sumach«, »Sumach von Montpellier«, »ital. Stinco«, »franz. Redoul« oder »Redou« [Hanau-

sek (33, 34), Villeneuve (112), Veitch (238), Martin (248)] in Gebrauch. Auch als Heilmittel haben sie gedient und weiterhin ist eine besondere Art der Verwendung bekannt geworden, aus der die Seidenzucht Nutzen ziehen kann. Die Raupe des Ailanthusspinners, *Bombyx cynthia,* läßt sich mit den Coriariablättern, trotzdem diese giftig sind, gut aufziehen [Baillon (249)]. Die Raupe geht auch auf das zu den Rutaceen gehörige *Xanthoxylum fraxineum* L. Nicht unerwähnt mag bleiben, daß mit dieser Sumachsorte die

Abb. 20.
Coriaria myrtifolia L. Nat. Gr. (Krasser.)

Senna und neuerdings auch Majoran [Nestler (250 und 244)] verfälscht worden sind, was in Anbetracht der giftigen Eigenschaften der Coriariablätter nicht unbedenklich erscheint. Pagès (251).

Über die technische Verwendung des Redouls haben schon Du Hamel und Böhmer ausführliche Angaben gebracht. Nach Böhmer (252) liefert Redoul mit Eisenvitriol auf Wolle und Seide violette Farben; wichtiger ist aber sein Gebrauch zum Schwarzfärben und Gerben. Es werden nicht allein die Blätter, sondern auch die jungen Zweige, und zwar meist im Gemisch mit Eichenrinde [Du Hamel (253)], verwandt, denn für sich allein verarbeitet, geben sie kein genügend weiches Leder, beschleunigen aber den Gerbprozeß. Die darauf bezügliche Äußerung Böhmers (252) lautet: »Das Pulver der Blätter soll eine viel stärkere Lohe geben, als das von Eichenrinde. Wenn die Rotgerber in der Provence und im Languedoc genötigt sind, das Leder zu verkaufen, ohne daß sie Zeit haben es mit der Steineiche, *Quercus ilex,* einzulegen, so mengen sie das Pulver von Redoul darunter, welches dem Leder eine Festigkeit beibringt, so die Käufer einnimmt.« Nach Du Hamel (253) wird das Leder wohl früher gar, aber zum Gebrauch schlechter. Übrigens dient Redoul auch zum Gerben der Schaffelle und Ziegenhäute, und dazu wird er auch heute noch verwandt. Auch andere Coriaria-Arten lassen ähnliche Verwendungen zu. Die Tintenpflanze in Neu-Granada ist *Coriaria thymifolia* Humb., deren anfänglich roter, an der Luft bald schwarz werdender Saft, Chami genannt, ohne weitere Zubereitung eine unauslöschliche

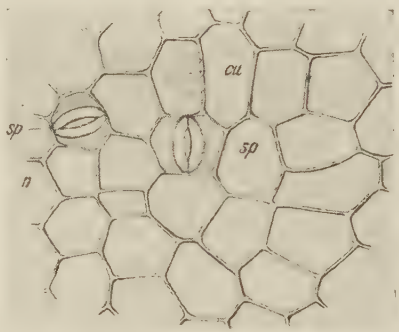


Abb. 21.
Coriaria myrtifolia L. Epidermis der Blattoberseite in Wasser. Flächenansicht. *sp* Spaltöffnungen, *n* Nebenzellen, *cu* körnig-streifige Kutikula. Vergr. 250. (Original von Weese.)

Tinte liefert [Pechuel-Lösche (254)]. Die gleiche Verwendung ist übrigens von *Rhus radicans* und von *Anacardium-* und *Semecarpus*-Früchten längst bekannt [Böhmer (252)]. Von *Coriaria ruscifolia* L. (*C. sarmentosa* Forst.) wird eine schwarze Farbe gewonnen; auf Neuseeland heißt diese Pflanze Toot und die Blätter sind für Rind und Schaf ein tödliches Gift. T. H. Huswick (255).

Das Coriariablatt Abb. 21 ist einfach, kreuzständig und tritt in einer breiten und schmalen Form auf [Hanausek (33)]. Erstere ist breit-eiförmig-lanzettlich; die häufigere schmale Form Abb. 20 ist eiförmig-lanzettlich; mitunter sind die Blätter schwach anisophyll, stets ganzrandig, spitz, glatt sitzend oder sehr kurz gestielt, oberseits dunkel, unterseits lichtgrün und durch eine strahlenförmige und bogenläufige Nervatur charakterisiert, indem außer einem starken Mittelnerv beiderseits noch je ein fast gleichstarker

Nerv in flachem Bogen bis zur Spitze verläuft.

Auch dieses Blatt ist bifazial gebaut. Das Palisadenparenchym setzt sich meist aus zwei Palisadenzellreihen zusammen; die Zellen der zweiten (inneren) Reihe sind entweder gleich lang oder kürzer als die der äußeren Reihe. Sie enthalten, wie die des Schwammparenchyms, gut ausgebildete monokline Einzelkristalle von Kalziumoxalat oder rundliche, wie korrodiert aussehende Konkretionen. Ein Querschnitt durch den Hauptnerv zeigt die von kollenchymatischem Füllgewebe umlagerten Leitbündel, die von einem einreihigen Kranz von auf der Innenseite verholzten Zellen — einer Art Schutz- oder Strangscheibe — unmittelbar umschlossen sind. Man kann drei oder vier Gefäßbündel mit je fünf bis zehn Spiroiden unterscheiden. An den beiden Epidermen finden wir wieder die Merkmale, durch die sich das Redoulpulver vorzüglich erkennen läßt. Die Oberhaut der Oberseite (Abb. 21) setzt sich aus polygonal-scharfkantig begrenzten Zellen zusammen, deren Oberfläche durch den Kutikularüberzug eine körnige, mitunter etwas streifige Beschaffenheit erhält. Die nicht seltenen Spaltöffnungen sind schmal elliptisch und von zwei halbmondförmigen Nebenzellen (Abb. 21 *n*) begleitet, die eine deutliche, senkrecht zur Spaltöffnung verlaufende Kutikularstreifung besitzen. Viel schärfer sind die Oberhautzellen der Unterseite (Abb. 22) charakterisiert; sie sind unregelmäßig polygonal mit meist krummen, stark porösen Wänden und von einer streifigen Kutikula überzogen. Die zahlreichen Spaltöffnungen sind von zwei meist etwas langgezogenen Nebenzellen begleitet, deren Kutikula sehr scharf hervortretende dicht parallellaufende und zur Spaltöffnung senkrechtstehende Streifen bildet (Abb. 22 *n*).

Durch Eisenchlorid wird der Inhalt aller Zellen blauschwarz; nur die Oberhaut der Unterseite scheint gerbstoffarm zu sein. Mit verdünnter Schwefelsäure behandelte Präparate zeigen reichliches Anschießen von Gipsnadeln, durch Kalilauge, besonders aber bei vorhergehender Behandlung mit Alkohol, färbt sich das Mesophyll braunrot, und es tritt ein ebenso gefärbter Niederschlag auf.

Das im Coriariablatt enthaltene Gift ist das Glukosid Coriamyrtin, das nach der Jodwasserstoff-Natronprobe in allen Teilen des Mesophylls enthalten ist. Ein in eine ältere, immer Jodwasserstoffsäure enthaltende Jodjodkaliumlösung eingelegter Querschnitt wird in kurzer Zeit schwarz durch einen dunklen Niederschlag, nach Entfernung der Jodlösung und Einlegen in Alkohol wird das Präparat wieder grün und auf Zusatz eines Tropfens konzentrierter Natronlauge augenblicklich purpurviolett; es scheiden sich tiefrote Körn-

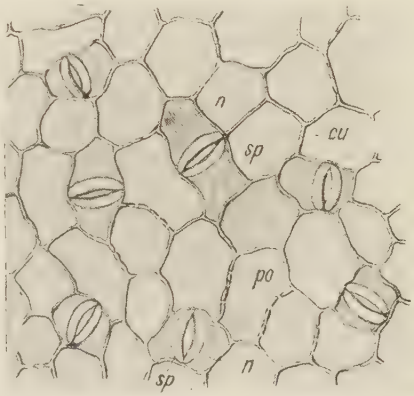


Abb. 22.
Coriaria myrtifolia. Epidermis der Blattunterseite in Wasser. *po* Poren in der Zellmembran, *sp* Spaltöffnungen, *n* Nebenzellen, mit der scharfen Kutikularstreifung, *cu* körnigstreifige Kutikula. Vergr. 250. (Original von Weese.)

chen aus, nach 10—15 Minuten verschwindet die auffällige Färbung, und es bleibt ein gelber Niederschlag zurück. Durch die purpurviolette Färbung und den gelben Niederschlag ist das Coriamyrtin charakterisiert [T. F. Hanausek (33)]. Das Kollenchym und die Leitbündel scheinen davon frei zu sein. (Siehe Bitterstoffe Nr. 87.)

Handelssorten.
Verfälschungen und Verwendung der Sumachsorten.

Wie schon oben bemerkt, wird unter der Handelsware [(256) und Muspratt (75)] der sizilianische Sumach als der beste angesehen und von diesem die von Militello kommende Sorte am meisten geschätzt. Hieran reiht sich der spanische (von Priego, Valladolid, Malaga und Molina). Französischer (von Avignon und Montpellier), portugiesischer, elsässischer, italienischer, tiroler und ungarischer stehen

ziemlich gleich im Wert [Bolley (257)]. Gegenwärtig zeigt der Sumachhandel keine Steigerung, da die tropischen Ersatzprodukte ihn verdrängen. Die Einfuhr in Deutschland und Österreich-Ungarn betrug: 1908 5,47, 1910 3,76 Mill. Kilogramm, 1911 für Österreich-Ungarn allein 1,39 Mill. Kilogramm im Wert von 247 552 Kronen. Die meiste Ware liefert Italien, geringe Mengen kommen aus Bulgarien, Rumänien und Kleinasien [Tunmann (258)]. Es ist aus den statistischen Angaben nicht ersichtlich, um welche Sumachsorte es sich handelt, vorwiegend ist es wohl *Rhus coriaria*, das den Sumachhandel beherrscht.

Der sizilianische Sumach unterliegt als die wertvollste Sorte mancherlei Verfälschungen. Eine Zusammenstellung der in der Literatur angeführten Ersatzstoffe für Sumach hat Netolitzky (243) gegeben, von denen unter anderem genannt werden: Blätter von *Ceratonia siliqua* L. (Leguminosae), *Cistus salvifolius* L. (Cistaceae), *Ailanthus glandulosa* L. (Simarubaceae), *Tamarix africana* Poir. (Tamaricaceae), *Pistacia lentiscus* L. (siehe das.), *Arctostaphylos uva ursi* Spreng. (Ericaceae) (Bergsumach).

Der Sumach dient zum Gerben leichter, feiner Ledersorten, namentlich solcher die gefärbt werden sollen (z. B. Saffian), und zum Schwarzfärben; auch rote Farben können erhalten, braune und grüne mit Sumach nüanciert werden. Das Gerben mit Sumach geschieht nach Paessler (259) nach der französischen, italienischen oder türkischen Methode; bei ersterer werden die »Blößen« in einer Reihe von »Sumachfarben« gargemacht, bei der zweiten werden sie in einer schwachen Sumachfarbe angegerbt und mit einer starken Sumachbrühe fertiggemacht; bei der türkischen Methode endlich wird jedes Fell in einen mit Sumachbrühe gefüllten Sack gebracht und starkem Druck ausgesetzt; die Operation muß mehrmals wiederholt werden. Auch zum Gerben von Chromleder [Paessler (260)] und zum vegetabilischen Nachfärben desselben findet Sumach Verwendung. Als Ersatz von Eichen- und Fichtenrinde kommt es nicht in Betracht. Soll Sumachextrakt entfärbt werden, so werden zum Entfärben Blei-, Magnesium- und Baryumsalze, auch Hydrosulfit verwandt. Da das Extrakt leicht schimmelt und sich zersetzt, fügt man etwas Bisulfit hinzu. Je nach der Extraktionsweise bewegt sich die Ausbeute zwischen 70—100 %. Das Extrakt selbst enthält 20—32 % Gerbstoff.

21. Shiniablätter (Lentisque). Die Mastixpistazie, *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae), deren auf Chios vorkommende Varietät bekanntlich den Mastix liefert, heißt auf Cypern »Shinia« und ihre Blätter werden dort seit altersher zum Färben und Gerben verwandt. Die Römer nannten den Baum »Lentiscus«, dessen Name von lentescere, weich, klebrigmachen (auf das Harz oder auf das zähe Holz hinweisend?) abgeleitet wird. Pistacia bedeutet ein Gewächs mit heilsamem Balsam. [Nach Wettstein (234).] Auf Ceylon kommt auch eine Varietät mit breiteren Blättern vor, die »Mastiches« genannt wird. Auf Cypern werden die Blätter von April bis September geerntet [(261) und Wiesner (262)]. Man schneidet die beblätterten Zweige ab und stellt sie zum Trocknen möglichst im Schatten auf. Bis zur völligen Trocknung sind 4—5 Tage nötig. Hierauf werden die obersten von der Sonne getroffenen und dadurch verdorbenen Blätter entfernt, die übrigen abgeschlagen und, soweit sie für den Export bestimmt sind, in Ballen oder Säcke verpackt nach Palermo gesandt, wo sich der Hauptmarkt befindet. (In Italien führt die Mastixpistazie die Namen »Lentisco«, »Lentischio«, »Sondrio«). Auch von Tunis gelangen größere Mengen der Shiniablätter — angeblich jährlich 10 000 Tonnen — nach Palermo und nach Südfrankreich, wo sie als »lentisque« bezeichnet werden. Auf Sizilien dienen sie vorzugsweise zur Verfälschung des Sumachs, in Algier und Frankreich zum Gerben und Färben. In Lyon werden gewisse Seidenzeuge mit Shiniablättern gefärbt. Übrigens ist auch in Frankreich die Verfälschung des Sumachs mit diesen Blättern gang und gäbe und auch unter den medizinisch verwandten Jaborandiblättern (von mehreren *Pilocarpus*-Arten [Pilocarpaceae]) hat man sie gefunden.

Die nachfolgende Beschreibung des Shiniablattes ist einer Arbeit von Hanausek (263) entnommen: Zum Unterschied von *Pistacia terebinthus* L., deren Blätter sommergrün sind, besitzt *Pistacia*

lentiscus lederartige wintergrüne Blätter. Sie sind paarig gefiedert, der gemeinsame Blattstiel ist geflügelt (Abb. 23). Die Zahl

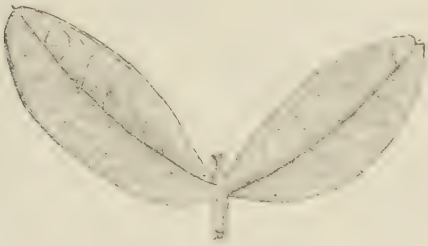


Abb. 23.
Pistacia lentiscus L. Ein Paar Fiederblättchen von der Unterseite in natürlicher Größe.

der Fiederblättchen beträgt 6—10, meist 8; der Form nach sind sie eilanzettlich bis elliptisch, stumpf mit aufgesetztem Stachelspitzchen, ganzrandig, durch die unterseits hervortretende Hauptrippe in zwei ziemlich gleiche Hälften geteilt. Die Sekundärrippen treten aber nicht hervor und sind daher weniger scharf zu sehen, da sie ganz in dem stark entwickelten Mesophyll eingebettet sind (»eingebettete« Nerven).

Über die Blattanatomie liegen Untersuchungen von Briquet (264), Netolitzky (237) und Guttenberg (265) vor.

Im allgemeinen kann man den Bau des Blattes als bifazial bezeichnen, da eine zwei- bis dreischichtige Palisadenschicht und ein Merenchym sich unterscheiden lassen. Doch ist zu bemerken, daß an vielen Stellen die Zellen des letzteren, zumal die unmittelbar an die Oberhaut der Unterseite stoßenden, lückenlose Reihen bilden und zudem noch wie die Palisadenzellen gestreckt sind, so daß man für diese Stellen sehr wohl von einem konzentrischen Bau sprechen könnte.

Die beiden Oberhautplatten sind durch die mächtig entwickelten Außenwände ihrer Zellen ausgezeichnet (Abb. 24 *ep* und *ep'*), dabei ist als besonders charakteristisch hervorzuheben, daß diese Membranverdickung über jeder Zelle gewissermaßen abgegrenzt ist, daß also die verdickte Decke jeder Oberhautzelle eine bikonvexe Linse bildet. Diese »Linse« ist zudem völlig farblos und durchsichtig. (In Kalilauge werden beide Epidermen zitronengelb gefärbt.) Abgesehen von der Bedeutung dieser Decken als xerophiles Schutzmittel, wird man unwillkürlich an eine lichtbrechende und lichtsammelnde Eigenschaft derselben im Sinne Haberlandts erinnert. — Von der Fläche gesehen, erscheinen die Oberhautzellen der Oberseite polygonal, meist mit geraden

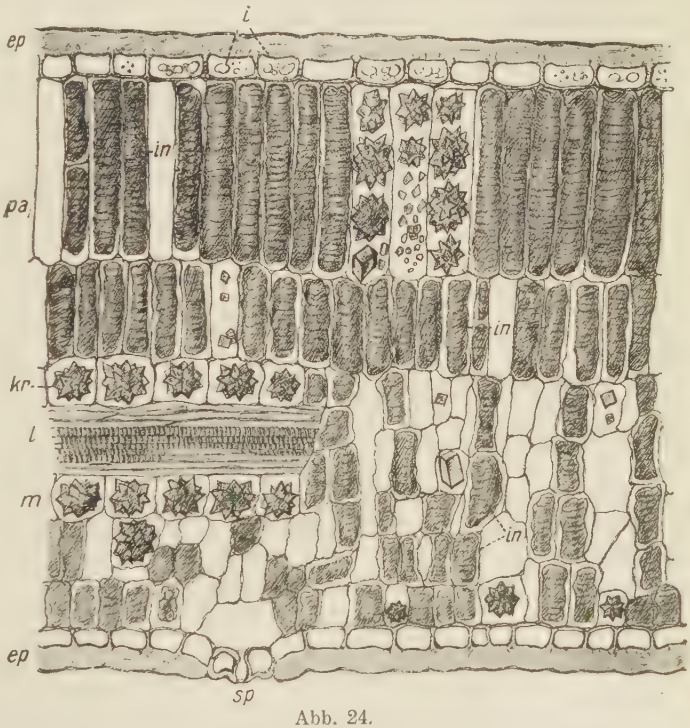


Abb. 24.
Pistacia lentiscus L. Partie eines Querschnitts durch das Blatt (in Chloralhydrat). *ep* Epidermis der Oberseite, *ep'* die der Unterseite, *pa* Palisadenparenchym, *m* Schwammparenchym, *i* Inhaltskörper der Oberhautzellen, *in* Inklusen, *kr* Kalziumoxalat, *l* schwacher, eingebetteter Blattnerv, *sp* Spaltöffnungen. Vergr. 400. (Gez. v. T. F. Hanausek u. J. Weese.)

Wänden versehen, nicht selten um eine größere rundliche Zelle gruppiert (Abb. 24) und auch paarig gestellt, zu zweien gekuppelt. Sie enthalten farblose, stark lichtbrechende, teils rundliche, teils kan-

tige Körper (Abb. 24 *i*), die in Alkohol unlöslich sind, in Chloroform sich teilweise lösen, in heißer Salzsäure sich in große farblose Tropfen umwandeln und in Schwefelsäure bräunliche gequollene Massen bilden. Es dürften wohl fetthaltige Substanzen sein. — Spaltöffnungen fehlen der oberseitigen Epidermis völlig, ebenso auch Trichome.

Die Oberhaut der Blattunterseite besteht aus sehr ähnlich gebauten Zellen (Abb. 24 *ep'*), nur sind sie häufiger gerundet und kleiner, ja einzelne so auffallend klein (Abb. 24 *ep'*), daß man sie als Insertionsstellen von Trichomen auffassen könnte. Doch lassen sich Haare nicht auffinden und ganz jugendliche Blätter, die solche vielleicht besitzen, standen nicht zur Verfügung. Die reichlich vorhandenen Spaltöffnungen sind breit-elliptisch bis rundlich und zeigen bezüglich ihrer Niveauebene verschiedene Lagen; einige liegen mit den Epidermszellen in der gleichen Ebene, andere ragen wieder darüber etwas hervor (Abb. 24 *sp*), auch Tieflagen scheinen vorzukommen. Nebenzellen sind nicht vorhanden, doch ist jede Spaltöffnung von einem deutlichen Kranz von 6—9 Epidermiszellen umgeben.

Das Mesophyll besitzt, wie oben bemerkt, zwei bis drei Reihen langgestreckter schmaler Palisadenzellen (Abb. 24 *pa*), das Merenchym besteht aus ebenfalls gestreckten, aber weit kürzeren Zellen und ist nur in der Querschnittsmitte stärker lückig, an der unterseitigen Oberhaut dagegen größtenteils geschlossen.

Das in der Hauptrippe liegende Bündelsystem ist bikollateral und enthält drei Leitbündel. Netolitzky (237) gibt zwei Bündel an. Die Gefäßteile zeigen eine strahlenförmige Anordnung der Gefäße; in den unteren stark entwickelten Siebteilen sind je 1, im ganzen 3 Sekretgänge, mit blaßgelblichem Sekret gefüllt, enthalten. Mitunter sieht man an einer Seite ein viertes kleines Gefäßbündel angeschlossen, das den Beginn eines Sekundärnerven andeutet. Ein geschlossener Bastbelag umgibt ringförmig das Leitbündelsystem; diesem sind als Begleitgewebe Parenchym und Kollenchym angeschlossen. Wir haben es daher mit einem »durchgehenden« Nerv zu tun; die Nebennerven dagegen sind allseitig von Assimilationsgewebe umgeben und daher als »eingebettet« zu bezeichnen.

Mit Ausnahme der Kalziumoxalat führenden Mesophyllzellen enthalten alle übrigen jene eigentümlichen braunen Körper, die zum ersten Male Flückiger (24) in der Frucht von *Ceratonia siliqua* L. und von *Rhamnus cathartica* L. (Rhamnaceae) aufgefunden und die Tichomirow »Inklusionen« oder »Inklusen« genannt hat. Der Reichtum des Blattes an diesen Zellinhaltskörpern ist geradezu staunenerregend und findet seine Analogie nur in den Früchten von *Hyphaene* und den *Sorbus*-Arten. Da jede Inkluse das Lumen der Mesophyllzelle völlig ausfüllt, ist ihre Gestalt von der der Zelle abhängig. Dementsprechend bilden die in der ersten Palisadenzellreihe enthaltenen Inklusen (Abb. 24 *pa, in*) lange wurstförmige, quer gefaltete und quer gestreifte, dicht parallel aneinandergelagerte Körper; in der zweiten Reihe sind sie naturgemäß kürzer, in den Zellen des Schwammparenchyms weisen sie verschiedene Größen und Formen auf. Auch in gewissen Zellen der Leitbündel sind sie zu finden. Zwischen dem Bastbelag und dem Siebteil liegt eine Reihe Inklusenzellen; im Siebteil selbst enthalten die Phloemmarkstrahlen Inklusen, während die Markstrahlzellen des Xylems davon frei sind. Auch das den Bastbelag außen umgebende Gewebe ist inklusenreich.

Die Inklusenfolge in der ersten Palisadenzellreihe ist stellenweise durch zwei bis drei kristallführende Zellen unterbrochen (Abb. 24 *pa*), außerdem enthalten viele Merenchymzellen, besonders aber die den Blattnerven anliegenden, mitunter wie Kristallkammerfasern entwickelten Zellen Kalziumoxalat in großen Rosetten (häufig durch die Präparation zertrümmert) und weniger häufig in rhomboederartigen Einzelkristallen (Abb. 24 *kr*). Im ebenfalls zum Gerben gebrauchten Blatt von *Pistacia terebinthus* L., das keine Inklusen enthält, scheint das Oxalat vorwiegend zu Einzelkristallen entwickelt zu sein (266).

Die Inklusensubstanz ist ein bassorinartiger Körper, der mit dem Gerbstoff getränkt ist. [Tunmann (267)]. Bezüglich des mikrochemischen Verhaltens ist zu bemerken, daß die Inklusen in Eisenchlorid dunkelgrün bis schwarz werden

und dadurch ihren Gerbstoffgehalt kennzeichnen. Der Gerbstoffgehalt der Blätter soll übrigens nur bis 12 % betragen. In Kalilauge werden sie blaßviolett und lösen sich beim Erwärmen mit brauner Farbe, wobei in jeder Zelle ein farbloser, einem Häutchen gleichender Rückstand übrigbleibt. In konz. Schwefelsäure sind sie nur zum Teil löslich, in Vanillin-Salzsäure färben sie sich rot. Ein gutes Reagens auf Phlorogluzin (und auf Katechin) ist p-Dimethylaminobenzaldehyd, das die genannten Körper und die Inklusen intensiv rot färbt. Nach den Untersuchungen von Marianne Joachimovitz (268) ist der Begriff der Inklusen insofern zu erweitern, als nicht nur Phloroglukotannoide vorhanden sein müssen, sondern auch Tannoide mit Katechinderivaten die gleiche Rolle spielen.

Aus den Shiniablättern ist auch der gelbe Farbstoff Myricetin (siehe Sumach) isoliert worden. Er scheint vorwiegend in den Epidermen enthalten zu sein, die durch Kalilauge intensiv gelb gefärbt werden.

d) Gerbwurzeln.

22. Ratanhiawurzel. Ratanhiawurzel stammt von *Krameria triandra* Ruiz et Pavon, einer in Peru und dem angrenzenden Brasilien und Bolivien heimischen Leguminose. Sie wächst als Halbstrauch auf den sandigen Abhängen der Kordilleren und auf dem Hochlande des Titicaca-Sees, in 1000—2500 m Höhe. Der Name entstammt der peruanischen Sprache. Ruiz beobachtete, daß die Frauen von Lima die Wurzel als zahnkonservierendes Mittel benutzten. Von ihm 1796 zuerst nach Spanien gebracht, verbreitete sich die Ratanhiawurzel schnell nach Mitteleuropa.

Von den 5 cm dicken, mit Borke bedeckten Wurzelstücken gehen nach allen Seiten starre, hin und her gebogene Wurzeläste ab, die bis 40 % Gerbsäure enthalten. Sie werden zuweilen mit anderen verwandten westindischen Arten, z. B. mit »Radix ixina« von *Krameria ixina*, ferner *Krameria argentea* Mart., *Kr. secundiflora* DC., *Kr. cistoides* Hook und *Kr. lanceolata* Torr. verwechselt.

23. Tormentillwurzel. »Rhizoma Tormentillae« ist der Wurzelstock von *Potentilla tormentilla* (Rosaceae). Das senkrecht im Boden steckende Rhizom ist ungewöhnlich groß. Es kann 8 cm lang und 1 ½ cm dick werden, ist in frischem Zustand innen hell, getrocknet rotbraun, trägt dünne Rinde und quergestellte und vertiefte Narben der früheren oberirdischen Sprosse. Der Wurzelstock enthält neben viel Stärke noch Tormentillgerbstoff mit seinen Derivaten. Während des Weltkrieges hat Tschirch Tormentillwurzel als Ersatz für Ratanhiawurzel empfohlen, da sie sowohl als Adstringens bei Diarrhöen, als auch zum Gerben und Färben gute Dienste leistet. Sie war schon im Altertum bekannt. [Tschirch (111).]

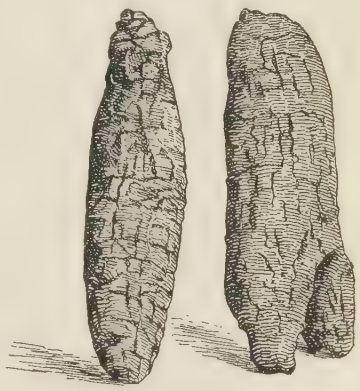


Abb. 25.
Canaigre in nat. Gr. (C. Hartwig.)

24. Canaigre. »So« oder »Raiz del India« heißt ein Gerbmaterial, das in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts nach Europa kam und wegen seiner vortrefflichen Eigenschaften bald allgemeinen Anklang fand. [Eitner (269).]

Es sind die Wurzelknollen von *Rumex hymenosepalus* Torr., einer in den Südstaaten der Union und in Mexiko, namentlich in den Überschwemmungsgebieten der Flüsse, in ungeheurer Menge wachsenden Polygonacee. [Ascherson und Graebner (270).]

In einer unter dem Titel »Canaigre« von Ch. B. Collingwood veröffentlichten, von W. Eitner (269) ausführlich referierten Monographie finden sich zuverlässige Angaben über die Geschichte dieses Gerbmaterials, über die Stammpflanze, ihre geographische Verbreitung, über die Wur-

zel, ihren Gerbstoffgehalt aus verschiedenen Provenienzen und über ihre Kultur.

Dieser Quelle zufolge dürfte die Bezeichnung Canaigre aus dem französischen Canne aigre (saurer Stock oder Stengel) in das spanische Cana agria korrumpiert worden sein. Die Mexikaner benutzten die Pflanze schon lange als Gerb- und Heilmittel, aber erst 1882 wurde die Wurzel ein Handelsartikel, nachdem 1874 R. Völcker aus Galveston (Texas) ihren Gerbstoffgehalt zu 23,16 % ermittelt hatte.

Die Pflanze wird meterhoch und entwickelt sich aus einem Bündel (3—12) kartoffel- oder dahliaähnlicher, außen rotbrauner, innen zitronengelber Knollen, die beim Trocknen hart wie Holz werden (Abb. 25). Sie ist schnellwüchsig und durchläuft ihre Entwicklung in 5 Monaten. Die Vermehrung scheint nur durch Knollen und deren Ausläufer stattzufinden. Für die Kultur eignen sich verschiedene Gegenden und Bodenarten, auch in außertropischen Gebieten, doch scheint in diesen der Gerbstoffgehalt nicht so groß zu werden wie in der Heimat. [Andreis (271), Sakellario (272).]

Der Gehalt an Gerbstoff (Rheo-Gerbsäure) übersteigt in manchen Wurzeln 35 % und beträgt im Durchschnitt 30,5 %. Klinger und Bujard (273) bestimmten den Wassergehalt der frischen Knollen zu 61,08 %, der Gerbstoffgehalt der bei 100 ° getrockneten mit 33,62 %.

Oettinger (225) erhielt folgende Mittelwerte:

Wasser	10,01 %
Gerbende Stoffe . . .	21,68 „
Nichtgerbende Stoffe .	21,46 „
Unlösliches	46,85 „
	100,00 %

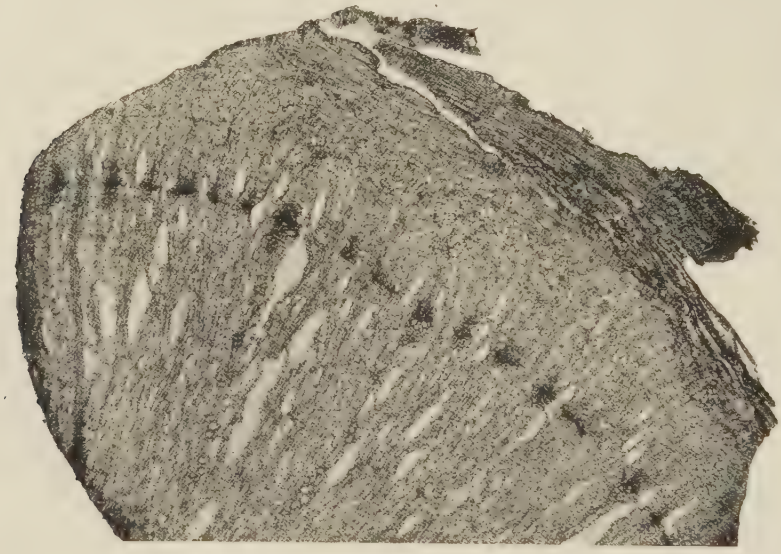


Abb. 26.
Canaigre im Querschnitt. — Orig.-Photogr. (J. Moeller.)

Trockensubstanz . .	89,99 %	
Asche	3,50 „	
Org. Extraktstoffe . .	40,61 „	43,14 %.
Extraktasche . . .	2,53 „	

Nach Zimmermann (274) enthält die Canaigre auch 10 % Zucker, darunter 8 % Saccharose. C. Richardson (275) will in ihr Derivate der Chrysophansäure gefunden haben.

Der anatomische Bau der Knolle ist der typische eines Reservestoffbehälters: das Parenchym überwiegt weitaus (Abb. 26). Ein brauner, flachzelliger Kork bedeckt die Knollen und dringt auch, flache Borkeschuppen bildend, in das Rindengewebe ein. Dieses ist ein ungewöhnlich zartzelliges, lückiges, stellenweise zerrissenes Parenchym mit vereinzelten Steinzellen. 2—3 mm vom Kork entfernt liegen die Leitbündel, in einem mit freiem Auge sichtbaren Kreis (Abb. 26). Die Phloem-

teile, an den obliterierten Siebröhren kenntlich, entbehren der Bastfasern. Die Xylemteile sind auffallend verschieden an Mächtigkeit; mitunter enthalten sie nur ein oder auch kein Gefäß, ein benachbartes Bündel kann 12 und mehr Gefäße aufweisen. Sie sind kurzgliedrig, ihr Lumen ist eng, die gelbe Wand mäßig verdickt, genetzt. Spärliche Gefäßgruppen finden sich radial gereiht im Grundgewebe.

Das Gewebe ist mit Stärke gefüllt. Die Körner sind (Abb. 27) von ansehnlicher Größe, 6—55 μ, vorwiegend um 35 μ

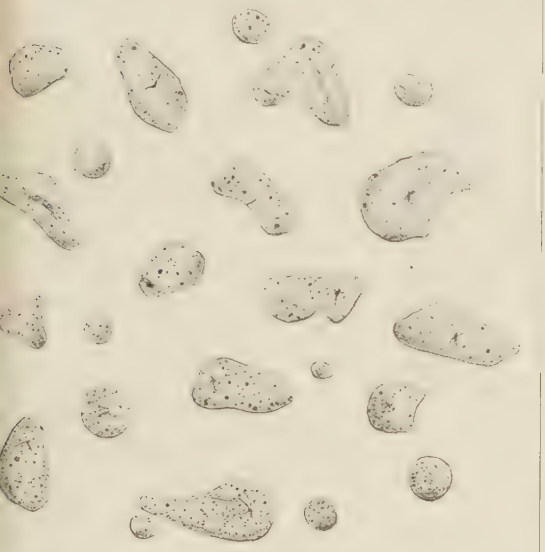


Abb. 27.
Canaigre-Stärke. (J. Moeller.)

schwankend, zumeist einfach, von sehr variabler Form, doch sind Zwillinge und Drillinge oder ihre Bruchkörner nicht gerade selten. Kernspalten ebenfalls verschieden in Form und Lage, einfach oder strahlig, bald im spitzen, bald im stumpfen Ende, bald in der Mitte. Schichtung undeutlich.

Reichlich finden sich auch Kristallzellen mit großen Drusen. Einzelne Zellen enthalten einen in Wasser nicht vollständig löslichen Farbstoff, der mit Kaliumbichromat einen fast schwarzen Niederschlag gibt [Anonymus (276]. Dieser fand auch Steinzellen in der Rinde.

Die Canaigre wird zumeist in ihrer Heimat zu Extrakt verarbeitet, der größtenteils in Amerika Verwendung findet. Für die europäische Lederindustrie ist er zu teuer.

25. Bodawurzel. Ein für Europa neues Gerbmaterial ist die »Boda-«, »Baden-« oder »Bodanwurzel«. Sie stammt von der bekannten Zierpflanze unserer Gärten *Bergenia crassifolia* L., Engl., einer im Altai und im Gebirge an der Nordgrenze der Mongolei in Massen verbreiteten Staude aus der Familie der Saxifragaceae. Sie kommt in fingergroßen Stücken (Abb. 29)

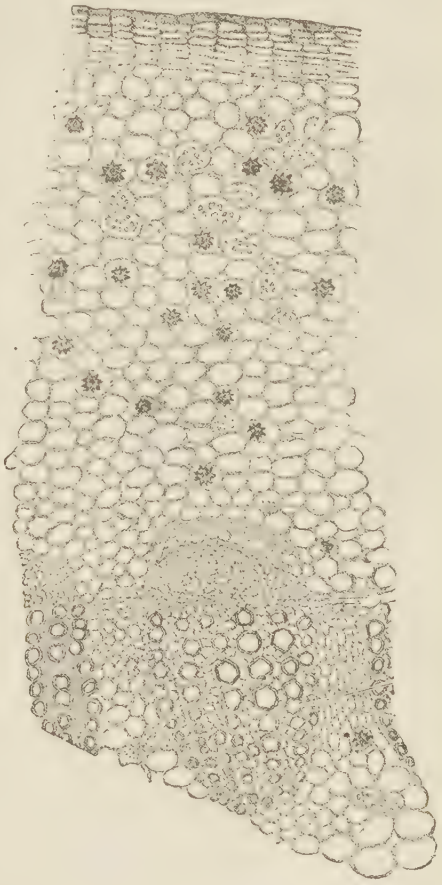


Abb. 28.
Querschnitt durch die Bodawurzel. (Nach Oettinger.)

in den Handel. Oberflächlich sind sie braun, längsrunzlig oder quergeringelt mit den Spuren von Nebenwurzeln. Sie brechen glatt, ihr Querschnitt innerhalb des dünnen rotbraunen Korkes ist rötlich.

Schon mit unbewaffnetem Auge erkennt man einen Kreis stecknadelkopfgroßer weißer Gewebegruppen in dem weichen Grundgewebe.

Das mikroskopische Bild des Querschnitts (Abb. 28) zeigt einen dünnen.

leicht abfallenden Kork, darunter ein rundzelliges Parenchym, das durch kleinzellige Markstrahlen mit dem gleichartigen, lückigen und stellenweise zerrissenen Markgewebe verbunden ist. Leitbündel von ungleicher Mächtigkeit bilden, der Peripherie genähert, einen Kreis. Die in radialen Reihen angeordneten Gefäße sind, mit Ausnahme der primären Spiroiden, netzartig verdickt.

An geformten Inhaltsstoffen enthält das Grundgewebe reichlich Stärke in winzigen einfachen Körnern, und Oxalatdrusen. Vereinzelte Zellen enthalten unlöslichen

Abb. 29.
Bodawurzeln in nat. Größe. (Nach Oettinger.)

gelben oder braunen Farbstoff (Phlobaphen?).

Die Bodawurzel ist reich an Gerbstoff. Oettinger (225) erhielt folgende Mittelwerte:

Wasser	10,66 %
Gerbende Stoffe . . .	24,26 „
Nichtgerbende Stoffe .	28,19 „
Unlösliches	36,89 „
	100,00 %

Trockensubstanz . .	89,34 %
Asche	5,67 „
Extraktivstoffe . . .	52,45 „

In Sibirien benutzt man die Bodawurzel meist mit Weidenrinde vermischt zur Bereitung von Sohlenleder. Sie erzeugt ein gutes orangerotes bis gelbes Sohlenleder, wie auch Juchten, letzteres besonders in Mischung mit Weidenrinde. Smetkin (104) weist auf die Vorteile hin, die eine Extraktindustrie auf Grund dieses Rohstoffes bieten würde. Die Blätter der Pflanze dienen als adstringierendes Heilmittel und werden auch als »Tschagorischer Tee« genossen.

e) Gerbfrüchte und Fruchtteile.

26. Valonea. Unter diesem und einigen anderen ähnlich gebildeten Namen, wie »Wallonen«, »Valonia«, »Velani«, »Velandia« usw., wohl auch manchmal als »Ackerdoppen«, »türkische, levantinische oder kleinasiatische Knoppern« kommt ein Gerbmaterial in den Handel, das sich aus den Fruchtbechern mehrerer Eichenarten zusammensetzt. Der Name stammt aus dem Neugriechischen und bedeutet Eichel. Tauchnitz (277), v. Heldreich (278), Beckmann (279) bezeichneten als Stammpflanze der Valonea *Quercus aegilops* L., welche Spezies später aber in mehrere Arten aufgelöst worden ist. Kotschy (53), der eine eingehende Beschreibung der europäischen und orientalischen *Quercus*-Arten geliefert hat, vereinigt jene Arten, deren Becher dicke hervorstehende Schuppen besitzen, zur Gruppe der Pachylepten, die wieder in drei Untergruppen zerfällt. Die Gruppierung Kotschys ist folgende:

Pachylepten:

I. *Aegilops* (Schuppen flach und aufrecht): *Quercus graeca* Kotschy, Griechenland, liefert Valonea; *Q. Ehrenbergii* Kotschy, Kleinasien; *Q. macrolepis* Kotschy, Griechenland, liefert Valonea; *Q. oophora Kotschy,* Kleinasien; *Q. Brantii* Lindl., Kleinasien.

II. *Aegilospidum* (Schuppen kantig, nach außen gebogen); *Q. vallonea* Kotschy, Kleinasien, liefert Valonea; Q. *ithaburensis Decne,* Kleinasien; *Q. pyrami* Kotschy, Kleinasien; *Q. Ungeri* Kotschy, Kleinasien. Unreife Früchte als Valonen im Handel. [Nach Wiesner.]

III. *Mikroaegilops* (Schuppen nur an den Spitzen frei, sonst verwachsen); *Qu. persica* Jaub., Südpersien.

Von diesen Gruppen stammt die Valonea des Handels zum Teil. Eine neuere Bearbeitung der Gattung *Quercus* von

Prantl (280) unterscheidet drei Sektionen, deren dritte, *Lepidobalanus* Endl., zum Teil den Pachylepten Kotschys entspricht. Die zur dritten Sektion gehörige Gruppe *Cerris* Spach. enthält u. a. die zwei Arten, von denen ohne Zweifel der größte Teil der Valonea herstammt: *Quercus vallonea* Kotschy, die das östliche Verbreitungsgebiet (Kleinasien) beherrscht und breite, kantige Schuppen der Kupula besitzt; ferner *Quercus macrolepis* Kotschy, die dem westlichen Verbreitungsgebiet (Griechenland, Süditalien) angehört und durch breite, flache Schuppen gekennzeichnet ist. Allerdings ist anzunehmen, daß noch andere Arten, wie *Q. graeca* Kotschy, *Q. oophora* Kotschy, vielleicht auch *Q. Ungeri* Kotschy Valonea liefern; Wiesner (121) gibt an, daß er die Früchte der letztgenannten Art, sowie die von *Q. coccifera* L. (die aber nach Prantl nicht mehr der Gruppe *Cerris*, sondern der Gruppe *Suber* angehört) als Valoneasorten im Handel gefunden hat; *Q. coccifera* soll nach demselben Autor die albanische Valonea liefern.

Ascherson und Graebner (270) stellen wieder die alte Linnésche Art *Quercus aegilops* auf, zu der als Abänderungen gehören: A. *Qu. aeg.* var. *graeca* Kotschy und var. *portugalussa* Orph.; B. *Qu. aeg.* var. *macrolepis* Boiss., hierzu die Form *taygetea* Orph.; C. *Qu. aeg.* var. *cretica* Bal. — Die von Kotschy als *Qu. vallonea* bezeichnete Form wird von den genannten Autoren als eine Rasse von *Qu. Tournefortii* Willd. (= *Qu. cerris* var. *Tournefortii* K. Koch) angegeben, deren Früchte die echten Smyrna-Valonen sind. Synonym mit *Qu. vallonea* Kotschy ist *Qu. pseudocerris* Boiss. (*Qu. cerris β. pseudocerris* Boiss.)

Nach der Tabelle von H. Mendel (281) sind 60 Handelssorten und Untersorten der Valonea bekannt.

Diese sind: Durazzo (Erstlingsware), Valona, Murto, Parga, Corfu (Erstlingsware), do. Mittel, do. Secunda, Prevesa prima, do. Mittel, St. Quaranta, St. Maura Prima, do. Mittel, Cimara, Patrasso, Dragomestra, Astaco, Aetolico-Achaja, Missolunghi, Caravassera, Arcadia, Navarino, Maina Marathonissi Githion Prima, do. Mittel, do. Secunda, Zea, Oropo, Candia Erstlingsw., do. Rethymo Prima, Candia Mittel, Enos, Dedeagh, Rodosto, Makri, Dardanellen, Troja, Giovata, Antifilos, Rodi, Adalia Prima, do. Secunda, Caramania Prima, do. Secunda, Metelino Hochprima, do. Prima, do. Mittel, do. Secunda, Smyrna Hochprima, do. Prima (mezzana), do. Barlo un acqua, do. Aidin, do. Aivali, do. Aivagik, do. Demirgik, do. Uschak, do. Mittel (uso inglese), do. Scasto Refus, do. Imitation, Maina canattina, do. Erstlingsware, Arcadia Erstlingsware.

Diese lassen sich nach der geographischen Verbreitung zu etwa vier Haupttypen zusammenfassen. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß sie vier systematischen Spezies angehören. Diese vier Typen sind:

I. Typus: Kleinasiatische oder Smyrna-Valonen, umfassen die besten Sorten (siehe obige Aufzählung).

II. Typus: Griechische Insel- und griechische Festland-Valonea; dazu gehören Prevesa, Patrasso, Dragomestra, Caravassera, Corfu, Dardanellen, Zea usw., die ebenfalls hierher gerechneten Provenienzen Candia, Metilino und die Morea-Sorten weichen von dem allgemeinen Typus etwas ab; Metilino (Mytilene) vereinigt den Insel- und den Candiatypus; die Morea-Sorten, wozu Maina, Arcadia, Navarino gehören, bilden gewissermaßen Bastard- oder Übergangsformen, indem sie die Eigenschaften des II. Typus mit denen des III. vereinigen. (Nach W. Eitner.)

III. Typus: Albanische oder (zum Teil auch) Golfo-Valonea, die untergeordnete Sortengruppe; dazu Durazzo, Valona, Parga usw.

IV. Typus: Karamania-Valonea, die östlichste Sortengruppe, von denen die Adalia-Sorte den Übergang zum Smyrna-Typus bildet [Hanausek (38)].

Sorten, die noch geschlossene Becher (mit aufwärts und zusammengeneigten Schuppen) mit den Früchten enthalten, werden mit dem Namen Camata bezeichnet; sind die Früchte zugleich noch unreif und klein (haselnußgroß), so heißen sie »Camattina«, »Chamada« bzw. »Chamadina«; diese kommen besonders beim II. Typus vor. Sogenannte unreife Valonea wird in die Qualitäten Rabdista (Schuppen noch nach aufwärts gerichtet) und Chondra (Schuppen horizontal oder umgeschlagen) geschieden.

Ehe die einzelnen Typen und deren wichtigste Vertreter näher charakterisiert werden, sei zuerst eine allgemeine Beschreibung der Valonea-Kupula gegeben.

An der Valonea unterscheidet man den Becher (Kupula) und — wenn vorhanden — die Frucht (Eichel). Der Becher besteht aus dem eigentlichen Becherteil mit der Becherhöhle und den auf seiner Außenseite sitzenden Schuppen, die morphologisch Blätter darstellen und, wie wir sehen werden, auch anatomisch ihre Blattnatur bekunden. Die Becherhöhle, in der die Frucht sitzt, wird von einer mit dichtem, kurzem und weichem Flaum bekleideten Wand gebildet; im Grund der Höhle, wo die Frucht angewachsen ist, fehlt der Haarüberzug. Der Rand kann dick oder dünn, schmalkantig sein. Es ist nach W. Eitner (282) durchaus kein Kennzeichen einer guten Ware, wenn der Rand dick ist; auch sehr gerbstoffreiche Sorten haben einen dünnen Rand. Die Höhle kann flach oder tief, oben am Rand schmal oder ausgeweitet sein; nicht selten findet man gelbe abstäubende Häufchen von Pilzsporen, die den grauen Haarüberzug fast schwefelgelb färben. Entsprechend der Kontur der Höhle ist auch der Umriß des Bechers sehr verschieden; man findet flach-kreiselförmige, halbkugelige, ellipsoidische, selbst eiförmige Becher. Ein wichtiges Kennzeichen zur Unterscheidung der Sorten, sowie zur ungefähren Bestimmung ihrer Güte bieten die Schuppen. Größe, Gestalt, Richtung, Verhalten der freien Enden sind großen Verschiedenheiten unterworfen, wobei auch der Reifezustand, in dem die Früchte geerntet worden sind, wohl zu beachten ist. Sind die Schuppen über der Höhle geschlossen, wobei sie oft auffällig den Involukralschuppen eines Kompositenblütenköpfchens gleichen, so war die Frucht in der Regel nicht reif oder nicht vollreif. Die Schuppen sind flach, inserieren dann mit breitem Basisteil, oder sie sind dreikantig, wobei eine starke Mittelrippe auf der Oberseite eine scharfe Kante bildet; bei einigen Sorten sind sie fast zylindrisch oder zylindrisch-prismatisch. Sie sind in einer sehr flachen Spirale angeordnet, stehen sehr dicht, dicht oder nur locker aneinander und lassen sich im letzten Fall leicht ablösen, wobei die Insertionsstellen entweder flache und schmale gerundet rhombische Vertiefungen bilden oder an flache Zellen einer Honigwabe erinnern. Die Schuppen können endlich dem Becherkörper anliegen und nach aufwärts orientiert sein, oder sie sind scharf abgewandt, fast senkrecht zur Becherwand gestellt, an der Spitze gerade oder hakenförmig gekrümmt. Nach den Untersuchungen Wiesners ist diesen Richtungsverhältnissen viel zu viel Wert beigelegt worden, da anliegende und abstehende Schuppen in einer und derselben Warensorte vorkommen können. Die Richtung hängt nämlich vielfach vom Reifezustand ab; doch kann im allgemeinen behauptet werden, daß flache Becher meist abstehende, ovoide Becher dagegen anliegende Schuppen haben. Auch die Größenverhältnisse, zum Teil von der Sorte, zum Teil aber auch vom Reifezustand abhängig, sind bedeutenden Schwankungen unterworfen; man findet Stücke von Haselnußgröße bis zu der einer großen Pferdenuß; im Handel gilt die Regel, daß die gute Ware »im Korn« (d. h. im ganzen, nicht zerkleinerten Zustande) groß und gleichmäßig sein muß. Da die Schuppen, wie wir sehen werden, die Hauptträger des Gerbstoffs sind, wird eine schuppenreiche Ware im Wert höher stehen, als eine mit wenigen oder kleinen »fleischarmen« Schuppen.

Die Schuppen für sich führen den Namen »Drilo« oder »Quillat«. Die Abstammung des Wortes Drilo (Drillo, Drylo, Dryllo, Trillo) ist unklar. In albanisch-epirotischen und in neugriechischen Wörterbüchern ist es nicht angegeben. Quillat ist wohl nach dem französischen quille (Kegel) oder dem englischen »quill« gebildet (Kiel, Falte; das Zeitwort »quill« bedeutet »abschälen«).

Der erste Typus, die kleinasiatische oder Smyrna-Valonea, charakterisiert sich im allgemeinen durch die Größe der Becher, die Weite des Höhlenrandes und durch aufwärtsstehende Schuppen. Der größte Durchmesser (einschl. Schuppen) ist im Mittel 3,5 cm, steigt aber bis 6,25 cm; der Becherrand ist meist dick, etwa 3 mm, mitunter auch dünn und scharfkantig; die Schuppen sind 2 mm dick, 3—6 mm breit und nicht über 10 mm lang, stehen aufwärts mit ein-

gebogenen Spitzen; sie sind mit einem hellgrauen Haarüberzug versehen, unter welchem sie rötlich durchschimmern; noch deutlicher tritt der rötliche Stich nach Abreiben des Haaranfluges hervor (Abb. 30a und b).

Die Smyrna-Prima-Sorte hat die größten Becher; die Höhlenweite (Durchmesser) beträgt am Rand 18 bis 25 mm, die Höhe des Bechers 25—28 mm, die Dicke der Wand über 1 cm. Die Schuppen sind mit breiter Basis inseriert, flach, breit, gegen die Spitze oft plötzlich abgesetzt und verschmälert, aufrechtanliegend oder halbanliegend oder auch abstehend mit hakenförmig zurückgekrümmten Spitzen; als Merkwürdigkeit ist zu verzeichnen, daß hie und da auch schmale und dünne Schuppen vom Rand in die Becherhöhle hinabgebogen sind und der Innenwand des Bechers anliegen. Der Gerbstoffgehalt der Smyrna-Valonea schwankt von 20—35 %; Primasorten, deren Auslesen den Namen Mezzana führen, sollen nach Mendel 30—35, geringere Qualitäten 20—26 % besitzen. W. Eitner (283) gibt dagegen den Gehalt mit 22,9—25,18 % an; er fand, daß an den Bechern nicht selten Zuckerausscheidungen (die bekannte Manna quercina) auftreten, die den Gerbstoffgehalt in günstigem Sinne beeinflussen; die mit Zucker bedeckte Ware hat stets eine größere Menge Gerbstoff, bis zu 25,18 %, die zuckerfreie dagegen nur 22—23 %. Die hohen, von Mendel angegebenen Zahlen dürften sich in der Weise erklären lassen, daß hauptsächlich der Gerbstoffgehalt der Schuppen in Rechnung gezogen wurde, denn der Unterschied im Gehalt an Gerbstoff, den die Becher und die davon isolierten Schuppen aufweisen, ist sehr beträchtlich.

	Nach W. Eitner (283) zeigten Gerbstoff in %	Nach H. Jahn (284) Gerbstoff in %
Becher, vollständig abgeschuppt . .	23,87	22,615
der Drilo davon (die Schuppen allein)	34,6	36,60
Becher allein, von Smyrna, hoch prima	30,3	
der Drilo davon . .	41,09	

Man kann also feststellen, daß bei Smyrna der Unterschied bis und über 10 % beträgt.

Bei Inselware, die kleinere und »fleischarme« Schuppen besitzt, ist der Unterschied weit geringer; es enthielten von einer Camata-Sorte die Becher allein 20,9 % Gerbstoff, der Drilo davon 21,817 % Gerbstoff.

Es darf übrigens nicht außer acht gelassen werden, daß die Gerbstoffmenge nach den verschiedenen Gerbstoffbestimmungsverfahren verschieden hoch ausfällt. Nach Bodenstab (285) erhält man aus Valonea (aus welcher?) nach

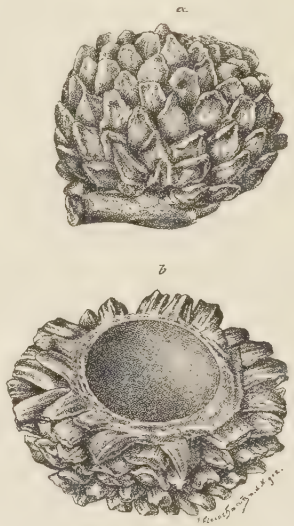


Abb. 30.
Smyrna-Valonea. 3/4 nat. Gr. *a* Primasorte mit nur aufrecht stehenden Schuppen; von der Seite. *b* Schuppen am Rand abstehend; von oben. (Hanausek.)

der Filtermethode 32,1 %, nach der Schüttelmethode aber nur 29,4 % Gerbstoff, aus dem Drilo 42,5 bzw. 38,6 %. Solche nicht unbedeutende Differenzen zeigen auch andere Gerbmaterialien (z. B. Myrobalanen, Dividivi, Sumach).

Durch die Verpackung, den Transport, die Sortierung usw. fällt gewöhnlich eine gewisse Menge Drilo ab, die bei Mezzana (Smyrna Prima Auslese) bis 33 %, bei ausgereiften Sorten selbst bis 40 % betragen kann. Der sogenannte künstliche Drilo (286) besteht aus schlechter Valonea, Eicheln und dünnen Eichenzweigen.

Der Charakter des zweiten Typus, der griechischen Insel- und

Festland-Valonea, liegt in dem Verhalten der Schuppen: diese sind weniger regelmäßig, lang, dünner und weniger fleischig, die Spitzen häufig hakig gekrümmt, das Aussehen der Becher ist kraus; hierher gehören viele Sorten mit geschlossenen Bechern (Camata und Camattina). Einige Beispiele: Candia: mittelgroße, ziemlich tiefe Becher mit 20 mm Weite des Höhlenrandes und 15 bis 20 mm Höhe. Schuppen sehr lang, aufgerichtet und abstehend, schmal, kantig, mit stark vorspringender Mittelkante auf der Ober-(Vorder-)fläche, die Spitzen hakenförmig rückwärts gekrümmt; Gerbstoffgehalt bei Erstlingsware 27,80 %, bei reifer Ware 32,19 %. — Prevesa: große halbrunde Becher von 24—25 mm Höhe, die Höhlenweite bis 25—26 mm. Schuppen flach, sehr lang, locker gestellt, abstehend, leicht abzubrechen, die Insertionsstellen flachen Bienenwabenzellen vergleichbar; Gerbstoffgehalt: 25,42 %. Eine Prevesa camattina (die unreifen Früchte) hat sehr verschieden große, oben von den Schuppen geschlossene Becher, die Schuppen sehr flach, auffallend stark weiß behaart und daher seidig glänzend. — Patrasso: Becher klein bis mittelgroß, Becherhöhlenweite 15—20 mm, Schuppen abstehend oder halb aufrecht, flach; Gerbstoffgehalt: 25,8 %. — Metilino prima: große und sehr große Becher, die Höhlenweite meist 23 bis 25 mm, die Becherhöhe 15—20 mm; Schuppen abstehend, flach, sehr dicht aneinandergereiht, aber kurz, meist nur $^1/_2$ bis $^3/_4$ cm, dadurch von dem Typus etwas abweichend, wahrscheinlich eine Übergangsform; Gerbstoffgehalt: 27,57 %. — Ganz anders hierzu verhält sich Maina (eine Morea-Sorte): kleine bis mittelgroße, aber niedere Becher (Becherhöhe 12—15 mm, Höhlenweite 20 mm); die Schuppen fast immer abstehend, auch zurückgekrümmt, sehr lang (1 cm und darüber), dreikantig; Gerbstoffgehalt: 27,26 %. Eine zur Maina-Sorte gehörige Camata nach Jahn 33,48%, eine Camattina 35,45 %, Rhabdista 30,08 %, Chondra 27,03 %. Die Sorten Chia und Achaia sind weit ärmer an Gerbstoff.

Für den dritten Typus, die albanische Valonea (Golfo-Typus), lassen sich als wesentliche Merkmale angeben: die Becher sind langgestreckt, die Becherhöhle ist oft ellipsoidisch, der Querdurchmesser höchstens 2 cm, die Schuppen sind lang, fleischlos, am Ende zugespitzt, zurückgekrümmt und hakenförmig umgebogen. Zu den bessern hierher gehörigen Qualitäten, die im allgemeinen nur wenig geschätzt sind, da die Becherwand zumeist dünn ist, gehört Golfo, Durazzo, eamattina. Wie schon die letzte Bezeichnung erkennen läßt, enthält diese Sorte viel unreife Früchte und ist daher nicht gleichmäßig. Becher sehr klein bis mittelgroß, die Schuppen schließen die Becherhöhle zu; an den offenen beträgt die Höhlenweite 10—17 mm, die Becherhöhe 15—18 mm. Die Schuppen sind mittelbreit, dreikantig oder etwas abgeflacht, ziemlich lang. Der Gerbstoffgehalt wird mit 26,9 % angegeben. — Dagegen hat die Sorte Valona nur 21 bis 22, Parga 22—23 % Gerbstoff.

Der vierte oder Caramania-Typus ist durch dünnwandige Becher und schmale, kantige, selbst zylindrische Schuppen gekennzeichnet. Caramania prima besitzt kleine und große Becher; Becherhöhe 12—20 mm, Höhlenweite 22, ausnahmsweise bis 25 mm; die Schuppen sind kantig, abstehend, zurückgekämmt oder selbst eingerollt, auffallend dünn und schmal. — Caramania camattina besteht aus haselnußgroßen Bechern, deren Höhlung nicht durch Schuppen verschlossen ist; diese sind fast bis zur Hälfte miteinander verwachsen, die freien Enden entweder kurzhakig oder zylindrisch, stielrund, aufgerichtet-anliegend. Becherhöhe 14—16 mm, Höhlenweite 8—10 mm. — Adalia enthält nur flache und breite Becher (Becherhöhe 14 bis 15 mm) mit ziemlich großer Höhlenweite (16—25 mm); die Schuppen sind (ausnahmsweise) flach und nicht stielrund, daher bildet die Sorte den Übergang zum Smyrna-Typus, was auch in der geographischen Lage begründet ist. Gerbstoffgehalt: 23 %. Wahrscheinlich gehört hierher auch die syrische, aus dem Hinterland von Alexandrette stammende Sorte.

Unter dem Namen kaukasische Valonea ist eine Ware in den Handel gebracht worden, deren Becher schmutziggrau aussehen, keine Schuppen tragen, sondern außen kurz und stumpfhöckrig

sind und eine Höhe von 10 mm besitzen. Sie stammt von einer *Quercus*-Art, die einer ganz anderen Sektion angehört und ist gänzlich wertlos, da der Gerbstoffgehalt nur 3% beträgt.

Da die Valonea zum größten Teil aus den leeren Bechern besteht und nur die Camata- und Camattina-Sorten Früchte in größerer Menge enthalten, ist in der nun folgenden Besprechung des anatomischen Baus der Valonea hauptsächlich auf die Becher Rücksicht genommen. Diese und besonders die Schuppen sind es ja, die als Träger des Gerbstoffs den Wert der Ware ausmachen. Die Schuppen sind (reduzierte) Blätter und besitzen den Bau eines isolateralen Blatts, worunter man ein Blatt versteht, dessen Mesophyll zweigliedrig ist, das also aus Palisaden- und Lückenparenchym zusammengesetzt ist, wobei aber die Palisadenschicht auf beiden Blattseiten entwickelt ist und das Lückenparenchym umschließt. Der größte Teil der Oberhaut (Abb. 31 *ep*, *h*) wird von den 100—200 μ langen, selten längeren, walzenförmigen, am freien Ende spitzen oder abgestumpften einzelligen, sehr stark verdickten, mitunter gewundenen, nicht verholzten Haaren gebildet; das Lumen der Haare ist mit Ausnahme des Bastteils auf eine Linie reduziert; häufig stehen mehrere Haare unmittelbar nebeneinander und werden in diesem Fall als »gebüschelte Haare« bezeichnet. Vereinzelt finden sich auch kurze, dünnwandige Haare vor. Nicht zu Haaren verlängerte Oberhautzellen sind weit seltener. Das Palisadenparenchym (Abb. 31 *pa*) ist natürlich nicht so typisch ausgebildet, wie an einem grünen Laubblatt, doch ist der Palisadencharakter noch hinlänglich deutlich ausgeprägt. Es besteht aus senkrecht zur Oberfläche gestellten und ebenso gestreckten ziemlich starkwandigen und verholzten Zellen, die aber häufig mit kürzeren und mehr oder weniger rundlichen Zellen abwechseln. Das Lückenpar-

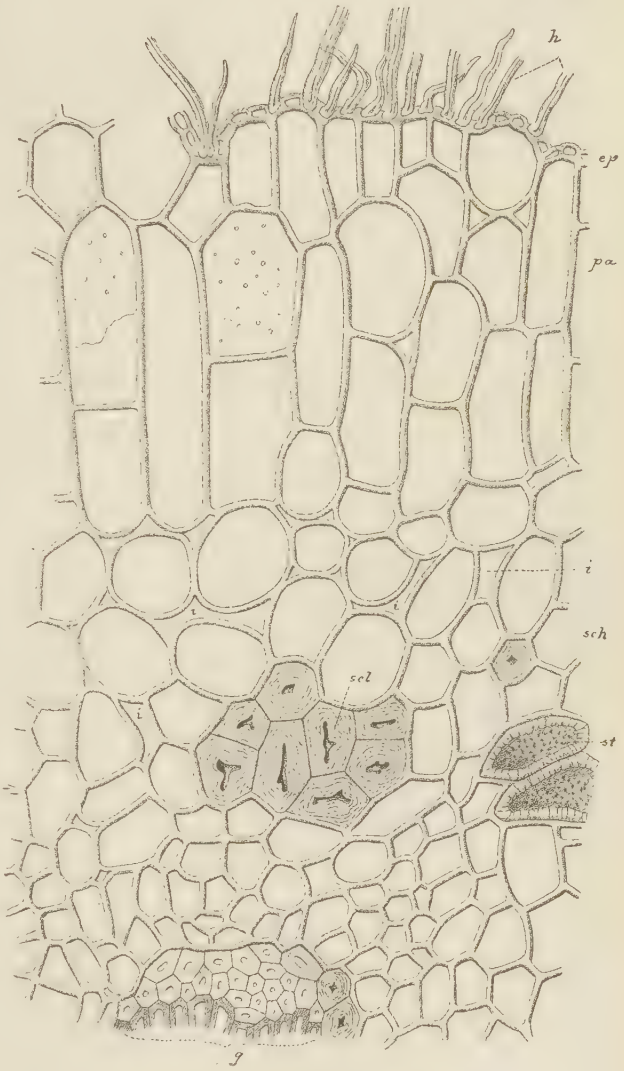


Abb. 31.

Partie eines Querschnitts durch die Valonea-Schuppe an der Außenseite. *ep* Epidermis, größtenteils zu Haaren (*h*) umgewandelt, *pa* großzelliges Parenchym, dem Palisadenparenchym entsprechend; *sch* Schwammparenchym mit großen Interzellularen *i*; *scl* Sklerenchymzellengruppe, *st* weitlichtige Steinzellen, *g* Teil eines Gefäßbündels. In *pa* zwei Zellen mit der getüpfelten Wand von der Fläche. Die Inhaltskörper (meist Gerbstoff) durch Auswaschen entfernt. Vergr. 400. (Hanausek.)

enchym setzt sich aus auffallend runden oder abgerundeten Zellen zusammen und ist reich an sehr verschieden großen Interzellularen (Abb. 31 *sch, i*). In diesem Gewebe sind einzelne Sklerenchymzellen und Gruppen (*sc*) von solchen eingebettet; dort, wo die Gefäßbündel sich vorfinden, ist das Parenchym kleinzellig und fast

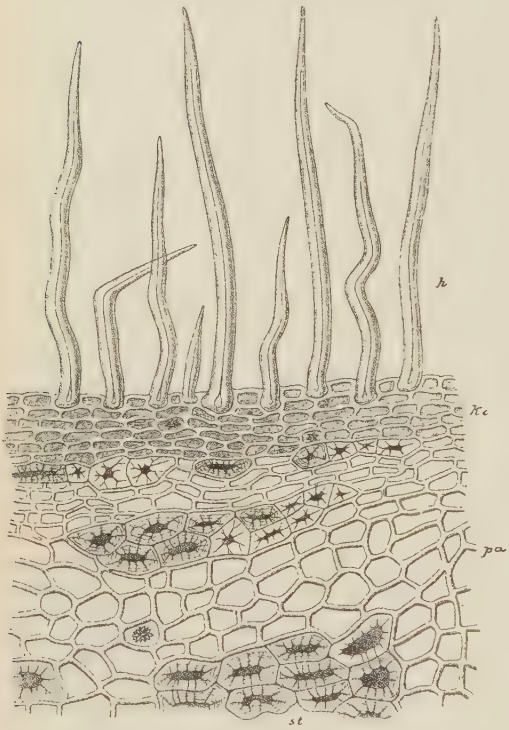


Abb. 32.
Partie eines Querschnitts vom Innenrande des Valonea-Bechers. *pa* Parenchym mit Steinzellgruppen *st; ko* innerste, einem zusammengepreßten Kollenchym gleichende Schicht mit zahlreichen Haaren (*h*). Der Kollenchymstreifen durch dunklere Färbung ziemlich scharf vom Parenchym abgegrenzt. (Hanausek.)

nicht lückig. Die Gefäßbündel führen sehr schmale Spiroiden und langgestreckte poröse Zellen (*g*). Die nicht reichlich auftretenden Sklerenchymzellen sind entweder weitlichtig, sehr reichlich getüpfelt, verschieden gestaltet, aber im allgemeinen isodiametrisch, oder sie sind nach der Längsachse der Schuppe ausgedehnt, stabförmig, spindelig, am Querschnitt nach Einwirkung von Kalilauge schön geschichtet, mit kleinem, unregelmäßigem Lumen versehen, Bastfasern im Querschnitt sehr ähnlich. Die Sklerenchymzellen sind in Längszügen angeordnet und bilden gewissermaßen Stützen zur Aufrechterhaltung der Schuppe; die sehr auffällige Verholzung des Palisadenparenchyms soll offenbar eine Starrheit der oberflächlichen Decke bewirken, damit die inneren Gewebeteile beim Eintrocknen der Schuppe nicht zusammengepreßt werden. Um die Verteilung dieses mechanischen Stützensystems gut zu beobachten, müssen die Längsschnitte der Schuppen zuerst durch Behandlung mit Kalilauge und Auswaschen mit Wasser von dem Gerbstoff, der das mikroskopische Bild sehr undeutlich macht, befreit werden, worauf man sie mit Phlorogluzin-Salzsäure versetzt. Das rot gefärbte Palisadenparenchym und die ebenso gefärbten Sklerenchymsäulen stechen von dem farblosen Lückenparenchym lebhaft ab.

Alle Parenchymzellen, die das »Fleisch« der Gerber bilden, führen eisenbläuenden Gerbstoff, der sich in Kalilauge mit tiefrotbrauner Farbe löst.

Die die Becherwand zusammensetzenden Gewebe sind von denen der Schuppen in Beziehung auf Art, Größe und Anordnung der Zellen wesentlich verschieden. Im allgemeinen lassen sich ziemlich scharf zwei Schichten unterscheiden (Abb. 32). Die innere, die Becherhöhle umgrenzende Schicht bildet einen 6—12 Reihen mächtigen Streifen, dessen Zellen tangential zusammengepreßt sind und einen kollenchymatischen Charakter haben; sie enthalten Gerbstoff und vereinzelt sehr kleine Kristallrosetten. Gegen die Becherhöhle ist dieser Streifen durch eine Oberhaut abgeschlossen, deren Zellen wieder größtenteils zu 200—600 μ langen Haaren (die Sorte Prevesa hat bis 1 mm lange, sehr dünne Haare) ausgewachsen sind, während die plattenförmigen eigentlichen Oberhautzellen nur in geringer Zahl vorkommen und schmäler sind als die des kollenchymatischen Streifens. Die Haare haben denselben Charakter wie die der Schuppen, nur sind sie viel größer und stärker. Das sehr mächtige Mittelgewebe, das »Fleisch« des Bechers, besteht aus einem kleinzelligen, dünnwandigen Parenchym und aus sehr mächtigen Steinzellenkomplexen, gegen die das Parenchym oft sehr zurücktritt. So sind z. B. die Becher der albanischen Valonea fast nur aus sklerosierten Zellen zusammen-

gesetzt, daher sehr spröde. Solche Sklereidenmassen finden sich schon — eine unterbrochene Grenzscheide bildend — zwischen Kollenchym und Mittelschicht, ja selbst in dem Kollenchym findet man sklerosierte Zellen in tangentialer Aneinanderreihung. Diese Steinzellen sind von denen der Schuppen durch geringere Größe und viel stärkere Verdickung unterschieden (Abb. 32 *st*). Es ist nun erklärlich, warum das Bechergewebe verhältnismäßig weniger Gerbstoff enthalten muß als die Schuppen, da die Hauptmasse des Bechers aus Steinzellen, die der Schuppen dagegen aus gerbstoffreichen Parenchymzellen besteht; ebenso begreiflich ist es, daß eine schuppenreiche Valonea (mit dichtgestellten breiten Schuppen) eine wertvollere Ware darstellt als die schuppenarme, und daß der Drilo stets einen höheren Gerbstoffgehalt aufweisen muß als die entschuppten Becher.

Das Mittelgewebe wird von Gefäßbündeln, die aus zarten Spiroiden und sehr stark verdickten, porösen, spindeligen Bastfasern bestehen, durchzogen. In den Parenchymzellen sind neben Gerbstoffmassen Kristallrosetten von Kalziumoxalat enthalten, an denen schon Wiesner (121) eine eigentümliche Rotfärbung durch Kalilauge beobachtet hat: sie sind nämlich mit Gerbstoff imprägniert.

Der Gerbstoff der Valonea wird durch Eisenchlorid grünlichblau gefärbt. Eine von Wiesner untersuchte albanische Valonea gab mit Wasser gekocht auf Zusatz von Eisenchlorid olivgrüne Niederschläge.

Die Früchte der Valonea gleichen den Eicheln unserer heimischen *Quercus*-Arten [Mitlacher (287)], sind aber größer, ziemlich hellgefärbt und besitzen eine dicke Schale. Diese setzt sich im wesentlichen aus Oberhaut, Sklerenchym und Parenchymschicht zusammen. Auf einige bemerkenswerte Eigentümlichkeiten hat J. Moeller (288) aufmerksam gemacht: »Die Oberhaut besteht aus unregelmäßig polygonalen (nicht wie bei unseren Eicheln reihenweise geordneten) kleinen (meist 12—15 μ im Durchmesser) Zellen, deren Wände in der Aufsicht ungleichmäßig verdickt sind und deren Lumen fast vollständig von einem kompakten, glänzenden Körper eingenommen ist. Der Querschnitt gibt die Aufklärung: die Oberhaut ist von einer außerordentlich mächtigen Kutikula bedeckt und die Außenwand jeder Oberhautzelle ist zu einem Zapfen verdickt, der das Lumen zu einer muldenförmigen Spalte verengt. — Die Kristallzellen unter der Oberhaut bilden streckenweise eine zusammenhängende Schicht und die folgende Sklerenchymschicht setzt sich aus vielgestaltigen, zum Teil wellig buchtigen Zellen zusammen, die nicht so stark verdickt sind wie bei der heimischen Eichel. Innerhalb dieser Sklerenchymschicht, nur wenige Zellen von ihr getrennt, liegt eine zweite, stellenweise unterbrochene aus schwach verdickten Zellen und weiter nach innen kommen auch noch einzelne Steinzellengruppen vor. Das Parenchym ist farblos.«

Die Valonea kommt nicht nur in ganzem Zustand, »im Korn«, sondern auch in verschiedener Feinheit gemahlen im Handel vor. Die Unterscheidung des Valoneapulvers von Knoppernmehl ist sehr schwierig und J. Moeller (288) hat in seiner Studie eine Diagnostik der beiden Materialien zu geben versucht. Im Valoneamehl fallen besonders die langen einzelnen oder gebüschelten Haare, die Steinzellgruppen und das Parenchym, sowie auch der kollenchymatische Innenstreifen auf, dagegen fehlt Stärke fast ganz; auch die Verschiedenheit der Oberhautzellen der Valoneafrucht und der heimischen Eichel bietet ein brauchbares Unterscheidungsmerkmal.

Seit welcher Zeit die Valonea als Gerbmaterial zur Verwendung kommt, ist noch nicht ermittelt. Die Früchte der Valonea-Eichen dienten schon im Altertum in Griechenland als Nahrungsmittel und werden auch jetzt noch in den Heimatländern roh oder geröstet genossen [Unger (289)]. Daß sie schon im 18. Jahrhundert Handelsgegenstand waren, ist indes sicher. Sie wurden hauptsächlich zum Gerben des Sohlenleders (für sich allein oder im Gemisch mit anderen Gerbmaterialien) sowie zum Schwarzfärben (z. B. der Seidenhüte) angewandt. Wie Semler angibt, verhält sich die Valonea bezüglich ihrer gerbenden Eigenschaften wie Dividivi; sie macht das Leder hart, gibt ihm ein gutes Gewicht und helle Farbe. Der Ernteertrag in Griechenland schwankt von 5000 bis

7400 t. Valonea ist ein Bestandteil des chinesischen Arzneischatzes.

27. Myrobalanen. Die gegenwärtig im europäischen Handel vorkommenden als Gerbmaterial verwandten Myrobalanen sind die reifen, getrockneten Steinfrüchte von *Terminalia chebula* Retzius (= *T. tomentosa* Wight et Arn. = *Myrobalanus chebula* Gaertn.), einem vielgestaltigen, besonders in der Fruchtbildung formenreichen Baum (Combretaceae), dessen Verbreitungsgebiet ganz Vorderindien (bis zum Fuß des Himalaja), Hinterindien, Ceylon und den südostasiatischen Archipel umfaßt. Auch die unreifen Früchte des Baums, die keinen Samen besitzen, und

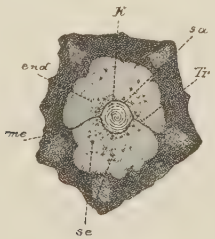


Abb. 33.
Frucht einer kleinen Myrobalane im Querschnitt. *me* Mesokarp, *end* Endokarp, *Tr* Trennungsstreifen, *se* Sekretbehälter, *sa* Samenhaut, *k* Keim (die umeinander gerollten Keimblätter). Die fünf lichteren Stellen in *me* entsprechen fünf Gefäßbündeln. Nat. Gr. (Hanausek.)

deren Steinkern nur sehr wenig entwickelt ist, sind Gegenstand des Handels und werden als schwarze oder indische Myrobalanen medizinisch als mildes Adstringens verwandt. Graue Myrobalanen nannte man die Früchte von *Phyllanthus emblica* L. (Euphorbiaceae) die übrigens auch jetzt noch im tropischen Asien zum Gerben dienen. Ausführliches über die medizinische Verwendung gibt P. Apéry (290). Im indischen Dschungle ist der Baum so häufig, daß trotz der umfangreichen Verwendung der Früchte im Heimatland die Ernte den Bedarf weit übertrifft und eine bedeutende Ausfuhr (1907/08 für 8 Millionen Mark) ermöglicht. Abnehmer sind England, Deutschland und Belgien (291).

Da die Fruchtschalen aller *Terminalia*-Arten mehr oder weniger reich an Gerbstoff sind, so erscheint es begreiflich, daß noch manche von ihnen in ihren Heimatländern technische Verwendung finden. Die mit einem feinen wolligen Haarüberzug versehenen Früchte von *T. bellerica* Roxb. (= *T. chebula* Willd.) sind als bellerische Myrobalanen bekannt und *T. catappa* L. (= *T. myrobalanus* Roth.), deren ölreiche Samen genossen werden, liefert Fruchtschalen, die man ihres Gerbstoffgehalts wegen auf Réunion zum Schwarzfärben verwendet [(136); Turner (292)].

Im Handel treten die Myrobalanen in zwei Sorten auf: kleine oder Madras-Myrobalanen und große oder Bombay-Myrobalanen. Letztere dürften nach Wiesner (121) von einer als *T. citrina* Roxb. unterschiedenen Varietät der *T. chebula* abstammen, obwohl es auch Übergänge in den Größen gibt. Die Bombaysorte umfaßt alle Früchte von 4,5—5 cm Länge und 2,5 cm Dicke, die Madras-Myrobalanen messen nur 2,5—3 cm bzw. 1,5 cm. Auch nach der Farbe gibt es einen Sortenunterschied, wie unten angegeben wird. Nach dem Indian Forester 1907 ist auch eine dritte Sortengruppe, die Kalkutta-Myrobalane, im indischen Handel. Die Bombay-Myrobalanen werden nach ihrer Provenienz (d. h. nach den indischen Distrikten, denen sie entstammen), in Bhimbes, Jubbolpore (Dshabbalpur), Rajapure und Vingorlas unterschieden. In Indien führen die Myrobalanen den Namen »hirda« (Mahrattadialekt).

Im allgemeinen sind die Myrobalanen länglich birnförmig oder unregelmäßig länglich eiförmig, meist nach den beiden Enden verschmälert, an der unteren Hälfte häufig stielartig verlängert, daselbst mit dem runden vertieften Fruchtstielansatz versehen, mehr oder weniger deutlich fünfkantig und stumpf gerippt, grünlichgelb oder gelbbraun (gelbe M.) oder rötlichbraun bis schwarzbraun und stärker grob gerunzelt (große schwarzbraune M.) [Vogl (115)]. Das Perikarp besteht aus zwei Schichten, die man an der querdurchschnittenen Frucht mit freiem Auge beobachten kann (Abb. 33). Die äußere ist grünlich- bis schwarzbraun, 3—5 mm dick, leicht zu schneiden und zu zerbröckeln, die innere dagegen ist ein bis 7 mm dickes, beinhartes, gelbes, ebenfalls gerundet fünfkantiges, außen höckeriges und gefurchtes Endokarp. An der gekochten Frucht läßt sich der Steinkern leicht aus der weichen Fruchtschicht her-

ausschälen. Schon äußerlich nimmt man, besonders am Scheitel, eine den Steinkern in zwei ungleiche Längshälften teilende Frucht wahr, die am Querschnitt als ein brauner, querlaufender Trennungsstreifen erscheint. Dieser könnte nach Brandis auf zwei mit der Blütenachse verwachsene Fruchtblätter deuten (Abb. 33 *Tr*). In der schmalen zylindrischen Höhle des Steinkerns liegt der von einer dünnen gelbbräunlichen, gefäßbündelreichen Samenhaut bedeckte längliche Keim, der zwei umeinander gerollte, das kurze Würzelchen zum Teil umschließende Keimblätter besitzt. Die Steinschale zeigt, nach beliebiger Richtung durchschnitten, hauptsächlich an der Innenseite zahlreiche, sehr verschieden große, höchstens bis über 500 μ im Durchmesser haltende runde Lücken, die mit einer gelben glänzenden, leicht zerbröckelnden Masse angefüllt sind; diese Masse sowohl wie das ganze Mesokarp wird durch Eisensalze dunkelblau gefärbt (Abb. 33 *se*).

Die vollständig haarlose, stark kutikularisierte Oberhaut des Perikarps besteht aus etwas radial getreckten Zellen, die in der Aufsicht scharfkantig polygonal erscheinen und somit eine prismatische Gestalt haben; sie sind innig mit dem darunterliegenden vier- bis sechsreihigen Kollenchym verbunden (Abb. 34 *1*, *2*), dessen Zellen im Querschnitt tangential gestreckt, von der Fläche gesehen rundlich sind, von Chlorzinkjod gebläut werden und bräunliche Inhaltskörper führen. Das Kollenchym geht in ein durchlüftetes, lockeres Parenchym mit rundlichen Zellen über, das kleine Stärkekörner enthält (Abb. 34 *3*). Dem Parenchym ist eine verschieden mächtige Zone quergestellter, aber gürtelförmig die Frucht umgebender Sklerenchymfasern angelagert, von welchen nach einwärts in kurzen Zwischenräumen Züge sowohl radial als auch, und zwar häufiger, axial (d. h. parallel zur Frucht, Längsachse) gestellter Sklerenchymfasern (Abb. 34 *b*) verlaufen, die entweder nach Reduktion bis auf eine einzige Reihe plötzlich aufhören, oder indem sie Brücken und Verspreizungen des Mesokarps bilden, bis zu den im Innern des letzteren befindlichen Gefäßbündeln vordringen; unterstützt werden sie in ihrer mechanischen Arbeitsleistung durch radial verlaufende, verdickte, zu schmalen Reihen geordnete Zellen (ohne prosenchymatischen Charakter). Der erst erwähnten Gürtelzone liegt meistens noch eine Reihe axial gestellter Sklerenchymfasern an, so daß auch für die Längsrichtung eine Festigungseinrichtung vorhanden ist.

Die Hauptmasse der inneren Schicht ist

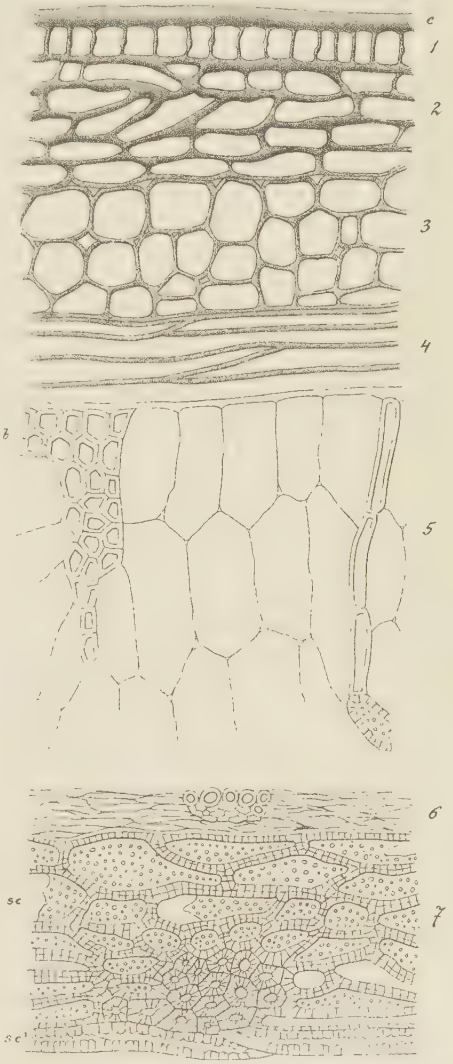


Abb. 34.
Partie eines Querschnitts durch das Perikarp von *Terminalia chebula*. *1* Epidermis mit Kutikula, *2* Kollenchym, *3* Übergangsparenchym, *4* quergelagerte Sklerenchymfaserzone, *5* großzelliges (Gerbstoff-) Parenchym (nur zum geringsten Teil gezeichnet), *b* Brücke von axial gestellten Sklerenchymfasern; *6* innerste Mesokarpschicht mit einem Gefäßbündel; *7* die äußersten Lagen des Steinkernes, *sc* verholzte, reichgetüpfelte Zellen, *sc'* Sklerenchymfasern in der Längsansicht. Vergr. 350. (Hanausek.)

ein Parenchym großer, radial gestreckter, in der Aufsicht rundlicher, sehr dünnwandiger Zellen (mit kleinen Interzellularen), die als Speicher des Gerbstoffs fungieren. In Glyzerin beobachtet, zeigen sie sich als ganz mit einer gelblichen, strukturlosen, zerklüfteten Masse erfüllt, die sich in warmem Wasser und in Kalilauge vollständig (mit brauner Farbe) löst, in Salzsäure einige Zeit in Gestalt gelber Schollen erhalten bleibt und mit Eisenchlorid die Gerbstoffreaktion gibt.

Außer den oben beschriebenen Sklerenchymfaserbrücken finden sich im Fruchtfleisch Nester sehr verschieden gestalteter, verholzter und dicht getüpfelter Zellen, wie denn überhaupt das Gewebe, je mehr es sich dem Endokarp nähert, die Neigung besitzt, zu sklerosieren. Die innersten Schichten des Mesokarps (Abb. 34, *6*) sind stark tangential zusammengepreßt und schließen kleine Spiroidenbündel ein. Das Endokarp beginnt mit einer Schicht verdickter, verholzter und reichlichst getüpfelter, weitlichtiger Zellen, wie solche schon im Mesokarp gruppenweise auftreten. Der größte Teil des Steinkerns besteht aber aus stark verdickten und getüpfelten Sklerenchymfasern, von denen man infolge ihrer verschiedenen Orientierung im Querschnitte sowohl Längs- als Queransichten wahrnehmen kann. In dieser Faserschicht liegen die rundlichen Sekretbehälter, von denen oben die Rede war. Brandis bezeichnet sie als Gummigänge, nach A. Vogl (115) sind es Riesenzellen, deren schmale Membran mit Chlorzinkjod auf Zellulose reagieren soll. Bemerkenswert ist, daß die die Sekretbehälter umgrenzenden Sklerenchymfasern sich an ihren Enden mitunter desorganisiert zeigen. Die Fruchtschale schließt mit einem Häutchen ab, das aus gestreckt-vierseitigen, dünnwandigen, nicht verholzten Zellen besteht.

Die Samenschale setzt sich aus vier (oder fünf?) Schichten zusammen, an die eine Aleuronschicht anschließt. Die Oberhautzellen sind zusammengefallen, flach, dünnwandig, quellen in Kalilauge stark auf und erscheinen im Querschnitt (nach der Quellung) fast quadratisch mit etwas vorgewölbter Außenwand. Darunter liegt eine, wie es scheint, unterbrochene Reihe tangential gestreckter, mitunter mit runden oder spaltenförmigen Tüpfeln versehener Zellen, denen eine hellgelbe Zone ganz zusammengefallener Zellen mit den tangential sehr ausgedehnten Spiroidenbündeln folgt. Die nächste Schicht besteht aus Zellen mit braunem Pigment. Sie erscheint als ein aus zusammengefallenen Zellen zusammengesetzter Streifen. Die Aleuronschicht hat die bekannte typische Ausbildung. Die dünnen Keimblätter führen in ihren gerundet-polyedrischen, sehr dünnwandigen Zellen Ölplasma, Aleuronkörner und hie und da je eine große Oxalatkristalldruse.

Der Gehalt der Myrobalanen an Gerbstoff wurde von Henning (293) mit 45% bestimmt. Bodenstab (285) gibt 36,6% (Filtermethode) bzw. 30,5 % (Schüttelmethode) an. Günther (294) identifizierte den Gerbstoff mit dem der Dividivi, Zölffel (295) mit dem der Algarobilla, und Loewe (296) erkannte ihn als Ellagengerbsäure. Fridolin (297) erhielt durch fraktionierte Fällung verschiedene Gerbsäuren von glukosidischem [Braemer (298)] Charakter, für die er die Formeln $C_{54}H_{46}O_{34}$ und $C_{54}H_{48}O_{35}$ angibt. Bei der Spaltung mit verdünnter Schwefelsäure geben die Gerbsäuren neben Glukose zum größten Teil Gallussäure und nur geringe Mengen von Ellagsäure.

Zölffel stellte fest, daß der Gerbstoff der Myrobalanen, wie der der Algarobilla ein Gemisch von Gallusgerbsäureglukosid und Ellagengerbsäure ist, wobei letzterer in weitaus größerer Menge vertreten ist. Es wurde aber auch ein kristallisierter Gerbstoff, die Chebulinsäure $C_{28}H_{24}O_{19} + H_2O$ zu 3,5 % aufgefunden, der sich mit Wasser erhitzt in Gallussäure und Ellagensäure spaltet. Der im Handel unter dem Namen Eutannin vorkommende Gerbstoff ist kristallisierte Chebulinsäure [Thoms (299)]. Aus den verschieden lautenden Angaben der Autoren scheint hervorzugehen, daß die Ellagensäure ($C_{14}H_6O_8 + 2\,H_2O$) der wichtigste Bestandteil der Myrobalanengerbstoffe ist.

Die Myrobalanen werden zum Gerben und Schwarzfärben verwandt und zwar im zerkleinerten Zustand. v. Schröter (300) will auf Grund praktischer Versuche gefunden haben, daß es rationeller ist, die unzerkleinerten Früchte in geschlossenen

Metallapparaten auszuziehen, indem die Myrobalanen, die vor der Extraktion einen Gehalt von 13 % Wasser, 32,14 % gerbender Substanzen, 11,05 % organischen Nichtgerbstoffen, 2,27 % Extraktasche und 41,54 % in Wasser unlöslichen Bestandteilen aufwiesen, nach der Extraktion (nach viermaligem Auskochen der ganzen Früchte) nur noch 3,18 % gerbende Stoffe und 82,5 % in Wasser unlösliche Teile enthielten. Da der Hauptträger des Gerbstoffs das Mesokarp ist, hat man dieses vom Steinkern abgelöst und als »entkernte Myrobalanen« in den Handel gebracht; dieses Produkt weist einen Gerbstoffgehalt von im Mittel 45 % auf; es wurden aber auch schon 55 % gefunden.

Im allgemeinen kann man den Gerbstoffgehalt der Myrobalanen mit 25—46 % angeben. Mit Ausnahme des schweren Sohlenleders kann man mit Myrobalanen alle Ledersorten gerben. Sie machen das Leder weich, hellfarbig und sind daher auch gut zur Kombination mit rotfärbenden Gerbmaterialien wie z. B. mit Mangroverinden geeignet; auch beschweren sie das Leder nicht; Bodenstab (285).

28. **Bablah.** Unter diesem Namen versteht man die Hülsenfrüchte mehrerer *Acacia*-Arten (Leguminosae), die trotz der wenig voluminösen Perikarpwände ihres immerhin bedeutenden Gerbstoffgehalts wegen zum Gerben und Schwarzfarben benutzt werden. In den Nilländern werden sie als »Garrat« [Schweinfurth (301)] oder »Neb-Neb«, im europäischen Handel neben Bablah auch »Galles d'Indes«, indischer Gallus genannt [Martius (302)]; aus Westafrika kommen sie unter dem Namen »Gambia pods« zu uns; [Paessler (303)].

In Ägypten, Ostindien und am Senegal scheint die Bablahfrucht seit alter Zeit zum Gerben benutzt zu werden, in Europa ist dieser Rohstoff jedoch erst seit dem Jahre 1825 bekannt [Guibourt (304)]. Ein sehr bedeutender Handelsartikel sind diese Hülsen im englischen Sudan, wo sie auch zum Braunfärben Verwendung finden (305).

Über die Abstammung der »Bablah« hat Wiesner (121) auf Grund reichlichen Handelsmaterials ausführliche Untersuchungen angestellt, deren Resultate auch heute noch volle Gültigkeit haben. Wiesner zeigte, daß die in den meisten Werken über Technologie und Warenkunde, selbst noch in dem 1891 erschienenen Werke von Braemer (298) angegebene Ableitung der Bablah von der Spezies *A. bambolak* Roxb. irrig sein muß, weil diese Spezies gar nicht zu existieren scheint. Sie fehlt sowohl in den bekannten erschöpfenden Sammelwerken über die botanische Literatur von De Candolle, Walpers und Steudel, als auch in den Schriften Roxburghs (306). Dieser führt an, daß *Mimosa arabica* (= *Acacia arabica*), über deren gerbstoffreiche Hülsen er schon in der Beschreibung der auf der Küste von Coromandel wachsenden Pflanzen berichtet, den indischen Namen »Bambool« oder »Babula« (im Sanskrit: »Burbura«) führt, von welchem Wort der Name Bablah wohl abstammt. Die Hauptmasse der im Handel erscheinenden Bablah stammt von *Acacia arabica* Willd., die eine Sammelspezies darstellt und mehrere durch Übergänge verbundene Subspezies in sich vereinigt. Von diesen ist zunächst *Acacia arabica* Willd. *indica* Benth. (= *Mimosa arabica* Roxb.) zu nennen, welche die dicht graubehaarten indischen Hülsen liefert; ferner *A. nilotica* Delil., von der die ägyptischen Sorten stammen, was auch von Kotschy und Schweinfurth bestätigt wird; eine dritte Form, *A. vera* (DC) Willd., soll nach Guibourt (304) ebenfalls Bablah liefern. Die Zusammenfassung der drei genannten Arten unter *A. arabica* Willd. hat zuerst Bentham (307) vorgenommen. Im Index Kew. sind *A. nilotica, arabica, vera* und *Adansonii* zu *A. arabica* Willd. vereinigt.

Von andern Akazien, die Bablahsorten des Handels liefern sollen, werden genannt: *A. Farnesiana* Willd., *A. senegal* Willd. (= *A. verek* Guill. et Perrott), *A. sing* Guill. et Perrott., *A. Adansonii* Guill. et Perrott., *A. seyal* Del. und *A. cineraria* Willd. — U. Dammer (308) führt außerdem noch *A. horrida* Willd. an. Früchte von *A. Farnesiana* sollen gleichzeitig mit ostindischen Bablah, und zwar aus Mauritius in den europäischen Handel gebracht worden sein [Guibourt (304)] und in Bengalen, sowie in Neukaledonien zum Gerben Verwendung finden. Im

Kongo werden diese Früchte tatsächlich gesammelt und kommen als Gerbmittel in den Handel. *Acacia subalata* im ehem. Deutsch-Ostafrika lieferte Hülsen mit einem Gerbstoffgehalt von 28,8 %.

Auch die großen, breiten, flachen,

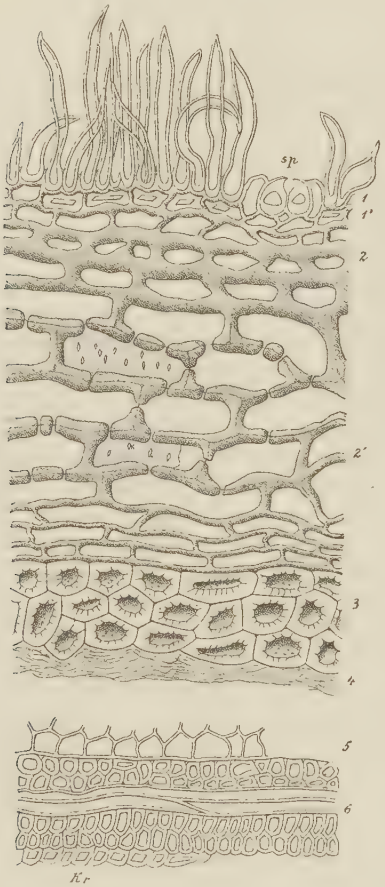


Abb. 35.
Acacia arabica (indica). Partie eines Querschnittes durch die Hülse, in Kalilauge erwärmt. *1* Epidermis, größtenteils aus Haaren bestehend, *sp* Spaltöffnung, 2 kollenchymatisches Gewebe, *2'* dickwandiges, reich getüpfeltes Parenchym, *3* Sklereidenzone, *4* obliteriertes Parenchym, *5* dünnwandiges, gleichfalls teilweise obliteriertes Gewebe, *6* Fasernschicht (Endokarp), darunter eine Reihe Kristallzellen. Vergr. 300. (Hanausek.)

sichelförmig gekrümmten, lichten, schwach samtigen Perikarpien von *Acacia giraffae* Willd. werden als Gerbmaterial praktisch verwertet.

A. Adansonii wird in Senegal als gutes Gerbmaterial benützt. Dagegen scheinen die Angaben über die Verwendung der Hülsen von *A. senegal, A. sing* und *A. cineraria* wohl auf einem Irrtum oder auf Verwechslungen zu beruhen, denn die Früchte dieser Arten sind sehr arm an Gerbstoff.

Die Früchte der Akazien sind entweder ungegliedert (*A. senegal*) oder sie sind Gliederhülsen (*A. arabica*). Die Mitte zwischen diesen Fruchtformen hält die nur unvollständig gegliederte Hülse von *A. Farnesiana,* deren Samen aber noch durch Scheidewände voneinander getrennt sind. [Wiesner (121) fand dagegen keine geschlossene Scheidewand zwischen den Samen.] Alle gerbstoffreichen Akazienfrüchte sind dadurch ausgezeichnet, daß sie hart und spröde sind und auf dem Querbruch eine harzartige, rote, gelbbraune und selbst braunschwarze, glänzende, homogene Schicht erkennen lassen, die vorwiegend aus eisenbläuendem Gerbstoff besteht, sich in Wasser, besonders aber in Kalilauge mit tiefrotbrauner Farbe auflöst und (in Wasser) einen unlöslichen, aus äußerst feinen Harzkügelchen bestehenden Rückstand zeigt.

a) Hülsen von *A. arabica indica* (ostind. Bablah). Hülse gegliedert, stark eingeschnürt bis perlschnurartig. Glieder 1—1,5 cm lang und breit, aber nur 3—4 mm (in der Mitte) dick, im Umriß nahezu kreisrund, meist jedoch etwas schief, scharfrandig, fein geadert, mit dichtem, staubgrauem Wollüberzug bedeckt. Es gibt aber auch Formen, bei denen der Haarüberzug nur stellenweise entwickelt ist. Die Glieder lassen sich leicht in ihre beiden Teile trennen; die Oberfläche der Innenseite ist bräunlichgelb. Jedes Glied enthält einen Samen. — Samen breitelliptisch, abgeplattet, 5 bis 7 mm lang, 4—6 mm breit, braun, am Rande mit einer hellbräunlichen, rötlichen, abstreifbaren, etwas fasrigen Masse — einem Samenmantel oder Arillus — bekleidet. Die Breitflächen des Samens sind in folgender charakteristischer Weise gezeichnet: Der zentrale Teil der Breitfläche ist dunkelbraun und von einer der Kontur des Samens parallelen weißlichen Linie begrenzt; die peripherische, bis zum Schmalrand reichende Partie ist heller braun. An dem Samen haftet noch der sehr kurze, braune Nabelstrang und an diesem liegt eine länglichrunde, erhabene, weiße Schwiele. Die Samen besitzen eine beinharte, dicke Schale, die den großen

Keim umschließt. Die Hülse ist vielgliedrig; nach Royles Zeichnung bis zwölfgliedrig, an Herbarexemplaren zählte Wiesner 10 und 11 Glieder; die Handelsware besteht gewöhnlich nur aus einzelnen oder zu 2—3 vereinigten Hülsengliedern. Die histologische Zusammensetzung des Perikarps ist folgende [Meyer (69)]: Die Epidermis der Außenseite (Abb. 35, *1*) wird größtenteils von einzelligen, derbwandigen, bis 200 μ langen, geraden oder gekrümmten Haaren gebildet; haarlose Stellen finden sich fast nur um die Spaltöffnungen, deren Zellen im Querschnitt kurz gehörnt erscheinen; in der trocknen Frucht ist die unter den Spaltöffnungen liegende Atemhöhle auf einen sehr kleinen Raum reduziert. Unmittelbar darunter liegt eine Reihe von schmalen Zellen, die je einen länglichen Kristall (wahrscheinlich einen Zwilling) von Kalziumoxalat führen: die nun folgenden Zellen haben einen kollenchymatischen Charakter (Abb. 35, 2), gehen aber bald in große, dickwandige, getüpfelte, tangential gestreckte Parenchymzellen über (Abb. 35, 2′), die den Hauptbestandteil dieser Perikarpabteilung ausmachen; die innersten Zellen dieses Parenchyms nehmen an Größe des Lumens und an Wanddicke bedeutend ab und grenzen unvermittelt an eine Zone echter, verholzter und poröser, gerundeter Steinzellen (Abb. 35, *3*), die in 1—4 und noch mehr Reihen entwickelt sind; bei den meisten dieser Steinzellen ist das Lumen breiter als die Wandstärke.

Die nun folgende Abteilung stellt die Gerbstoffschicht dar. Von dem ursprünglichen Gewebe sind nur noch einige Reste erhalten, die nur dort, wo sich ein Gefäßbündel vorfindet, noch den zellulären Charakter besitzen. In einer sehr jugendlichen Frucht von *A. nilotica,* deren Glieder erst 2—3 mm maßen, konnte Wiesner dieses Gewebe als ein großzelliges, sehr dünnwandiges Parenchym erkennen, das durch den dort auftretenden Gerbstoff allmählich zum Verschwinden gebracht wird. Der Gerbstoff bildet in der reifen Frucht eine mächtige zusammenhängende, harzig aussehende Masse, die nach innen zu wieder von einem Geweberest, an dem sich aber die Parenchymzellen mitunter noch gut erkennen lassen, begrenzt wird. (Abb. 35, *4—5.*) Den Abschluß des Perikarps bildet eine Faserschicht, dem alten Endokarpbegriff entsprechend, die aus mehreren, teils schief, teils senkrecht sich kreuzenden Faserzellagen besteht (Abb. 35 und 36) und eine Auflagerung von Kristallzellen besitzt. Die Kristallzellen zeigen in ihrem Zusammenhang den Charakter der Kristallkammerfaserzellen, jede Zelle führt einen schön entwickelten monoklinen Oxalatkristall (Abb. 35 und 36). Die Kristalle liegen anscheinend in einer Tasche der Zellwand, was man recht

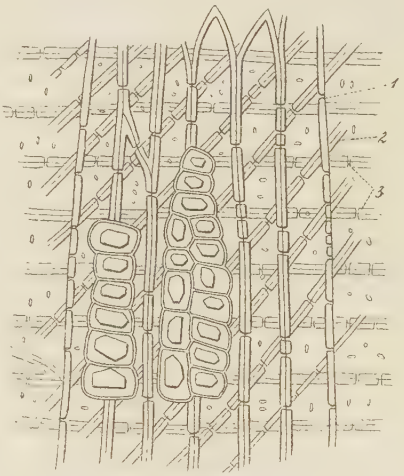


Abb. 36.
Acacia arabica. Die Zellen der Faserschicht (Endokarp) von der Fläche mit aufliegenden Kristallzellen. Vergr. 700. (Hanausek.)

deutlich an Querschnittspräparaten bei *A. Farnesiana* sieht. Auch bei *Pisum* hat A. Meyer (69) diese Taschen beobachtet. Die Innenepidermis des Perikarps ist nur sehr schwer zu beobachten, sie scheint mitunter obliteriert zu sein und nur in Flächenpräparaten läßt sie sich als sehr dünne, aus rundlichen, zarten Zellen gebildete Haut zeigen. Die Endokarpfasern (Abb. 36) sind derbwandig, getüpfelt und verholzt.

Der Same besitzt eine ziemlich dicke Schale, deren Epidermis von den für die Leguminosen charakteristischen Palisadenzellen gebildet wird. Die Lichtlinie ist an ihnen deutlich zu beobachten. Unter der Epidermis liegt eine Reihe der sogenannten Spulen- oder Sanduhrzellen mit elliptischen Interzellularräumen. Nun folgt ein sehr mächtiges Par-

enchym, das aus dickwandigen, porösen, gerundetpolyedrischen Zellen zusammengesetzt ist und teils braunen, homogenen Inhalt, teils große Einzelkristalle aufweist. An den Keimblättern beobachtet man ein zwei- bis dreireihiges Palisadenparenchym; in dem vorwiegend plasmatischen Inhalt fehlt die Stärke.

β) Hülsen von *A. nilotica* (ägypt. Bablah, Neb-Neb, Garrat). Hülsen so geformt wie die vorigen, häufig etwas

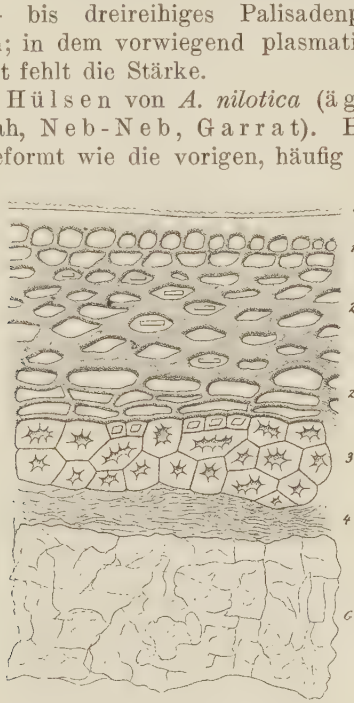


Abb. 37.
Acacia nilotica. Partie eines Querschnitts durch die Hülse, in Kalilauge erwärmt. *1* Epidermis mit Kutikula *c*, *2* knollenchymatisches Gewebe (in Kalilauge stark quellend), *2'* derbwandiges Parenchym; *3* Sklereidenzone mit vorgelagerten Kristallzellen; *4* obliteriertes und zusammengepreßtes Gewebe (Gerbstoffgewebe), *Ge* ein Gerbstoffschollen. Die darauf folgende innerste Schicht ist nicht gezeichnet. Vergr. 300. (Hanausek.)

dicker, die Glieder teils rund, teils schiefrund, an der Oberfläche geadert, völlig kahl, grünlichbraun, die erhabene Mitte meist glänzend, dunkelbraun bis grünlichschwarz. Gerbstoffmasse je nach Dicke der Glieder verschieden mächtig. Samen ähnlich wie die vorigen, entweder rundlich und stark plattgedrückt mit deutlicher, weißer Linie auf der Breitfläche oder — in den dicken Gliedern — weniger plattgedrückt und dicker, mit undeutlicher Zeichnung. Von beiden Arten lassen sich die Hülsen bzw. die Glieder leicht öffnen und zeigen schon außen deutlich die Sprungstellen.

Die Oberhaut des Perikarps ist aus kleinen, auf der Außenseite sehr stark verdickten, daselbst farblosen und glänzenden, kutikularisierten, in der Fläche polygonalen, mit dünnen Radialwänden versehenen Zellen zusammengesetzt (Abb. 37, *1*). Darunter liegt ein Kollenchym, dessen Zellwände in Kali bedeutend aufquellen und die schmalen tangential gestreckten Lumina an Breite weit überragen; es enthält längliche Kristalle (Zwillinge?) von Kalziumoxalat. Diese Schicht geht in ein nur aus wenigen Reihen bestehendes Parenchym über, das wieder von der 2—4reihigen Sklerenchymzone abgeschlossen wird; letzterer sind Kristalle führende Zellen vorgelagert (Abb. 37, *3*). Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Bablahsorten ist demnach in der Trichomentwicklung (bei der indischen Bablah) und in der verschiedenen Mächtigkeit der subepidermalen Gewebeschichten gelegen; bei *A. nilotica* finden wir ein in Kali besonders stark quellendes, breites Kollenchym und nur wenige Reihen dickwandiger Parenchymzellen, bei *A. arabica* ist das Verhältnis umgekehrt. Auch die Sklereiden sind bei *A. nilotica* etwas anders gestaltet als bei *A. arabica;* sie sind bei ersterer meistens sehr dickwandig und besitzen ein sehr kleines Lumen. Freilich kommen Abänderungen vor, denn die Größe und Gestalt der Steinzellen, sowie der Durchmesser des Lumens ist sehr wechselnd. An die Steinzellenschicht schließt die obliterierte Gerbstoffschicht mit den mächtigen Gerbstoffschollen an (Abb. 37 *g*). Das aus sich kreuzenden Faserlagen zusammengesetzte Innengewebe des Perikarps zeigt keine auffälligen Differenzen gegenüber dem gleichen Gewebe von *A. arabica.*

An den Samen haftet, wie schon oben bemerkt wurde, ein gelblicher oder hellrötlicher, teils pulvriger, teils fasriger Überzug, der besonders längs dem Rand stark entwickelt ist. Diese lockere Masse besteht aus sehr dünnwandigen, langgestreckten, axial aneinandergereihten Zellen, deren äußerste an die Köpfchenzellen eines Drüsenhaares erinnern; überhaupt machen diese Zellkomplexe den Eindruck von Haargebilden. Beigemengt findet man bis 90 μ und darüber lange, sehr schmale Prismen mit aufgesetzter, sehr spitzer Pyramide; es sind Kalziumoxalatkristalle. In den Zellen sieht man dichte Haufen sehr

kleiner bazillenartiger Körper, die durch Jod braun gefärbt werden.

Der Bau des Samens ist dem von *A. arabica* gleich.

Da die Glieder der ägyptischen Bablah nur mit einem dünnen stielchenartigen Teil zusammenhängen und sich daher leicht voneinander trennen, so findet man die Handelsware gewöhnlich nur aus den einzelnen Gliedern bestehend.

γ) Hülsen von *A. Adansonii* (»Gousses de Gonaké«). Hülsen nach Wiesner innen deutlich, außen undeutlich gegliedert, 2—20 gliedrig, 16—20 cm lang, 15 bis 20 mm breit, 4—6 mm dick, außen graufilzig, nach dem Abstreifen des Haarüberzuges schwarzbraun, grob astförmig geadert. Die Gerbstoffmasse ist entsprechend der Hülsendicke ziemlich stark entwickelt. Samen länglich-ellipsoidisch, dick. Im anatomischen Bau mit *A. arabica* übereinstimmend.

δ) Hülsen von *A. Farnesiana* [Greshoff (309)]. Hülsen fast stielrund, undeutlich und unvollkommen gegliedert, 6—10 cm lang, 7—9 mm dick, auf den Breitflächen schwarzbraun, der Länge nach schief und fein gerunzelt, an den Seiten mit drei erhabenen, je 1 mm weit voneinander abstehenden parallelen Leisten geziert, von denen die beiden äußeren dunkelrot oder rotbraun sind, während die mittlere — der Naht entsprechend — heller ist und eine zarte Längsfurche besitzt. Die Gerbstoffmasse ist ziemlich dick, braun, die inneren Perikarpschichten sind reinweiß, weich, markähnlich und umgrenzen die Fruchthöhle, ohne eine distinkte Abgrenzungshaut beobachten zu lassen. Samen braun, länglich-unregelmäßig, glänzend, ohne Arillus, an den von Wiesner untersuchten Exemplaren mit dunklem Mittelfleck und weißer Linie.

Im anatomischen Bau weicht die Hülse dieser Bablahsorte gänzlich ab von den vorher beschriebenen Sorten, wie aus Abb. 38 zu ersehen ist. Die Oberhaut des Perikarps setzt sich aus (auch an der Außenseite) dünnwandigen, im Querschnitt tangential gestreckten, rechteckigen, in der Fläche polygonalen Zellen zusammen, denen drei bis vier Reihen nahezu gleich gebauter Zellen folgen (Abb. 38, *1* u. *2*); das ganze Gewebestück erscheint selbst an sehr dünnen Schnitten tiefbraun, da die Zellumina mit einer dunkelbraunen, homogenen Masse vollständig ausgefüllt sind. Dieser braunen Schicht liegt ein farbloses Gewebe an, dessen peripherische Zellen noch tangential gestreckt sind, während die einwärts folgenden in radialer Richtung ausgedehnt sind und nicht selten einen gekrümmten Verlauf zeigen (Abb. 38 *3*). Diese Zellen sind verhältnismäßig groß, dünnwandig und leer. Eine Sklereiden-

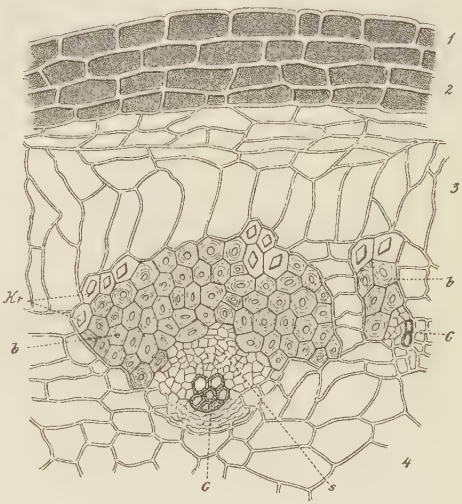


Abb. 38.
Acacia Farnesiana. Partie eines Querschnitts durch die Hülse in Kalilauge erwärmt. *1* Epidermis, *2* subepidermale (braune) Schicht, *3* farbloses, dünnwandiges Parenchym, *4* Gerbstoffschicht; *b* Bastfaserbündel, *s* Siebteil, *G* Gefäßteil, *kr* Kristallzellen. Vergr. 400. (Hanausek.)

schicht fehlt vollständig; dafür tritt eine Zone größerer und kleinerer Gefäßbündel mit vorgelagertem, mächtigem Bastbelag auf (Abb. 38 *b*). Die großen Bastbeläge sind (im Querschnitt) halbkreisförmig, bestehen aus schmalen, knorrigen, mit kurzen Vorsprüngen versehenen Bastfasern und werden an der Außenseite stets von einer Kristallzellschicht umsäumt; die großen monoklinen Einzelkristalle bestehen aus Kalziumoxalat. Die Bastbeläge sind auch die Ursache der zarten Längsrunzeln, die man an der Oberfläche der Hülse beobachten kann.

Die Gefäßbündel sind teils kollateral, teils bikollateral, enthalten sehr schmale Spiroiden und nicht selten auch Kristallzellen mit dünnen, langgestreckten Kristallen, wahrscheinlich Zwillingskristallen (Abb. 38 *Kr*). Das an die Gefäßbündel

sich anlehnende Parenchym ist großzellig und stellt die Gerbstoffschicht dar, weshalb es nach innen zu obliteriert ist. Das oben erwähnte weiße, markähnliche Gewebe bildet an dieser Bablahsorte die innerste Perikarpschicht und ist ein an großen, meist tangential gestreckten Interzellularen sehr reiches Schwammparenchym, dessen unregelmäßig-sternförmig verästelte Zellen nur Luft enthalten. Eine Abgrenzung gegen die Fruchthöhle in Gestalt einer inneren Epidermis läßt sich an der reifen Frucht nicht beobachten. Das Schwammparenchym übertrifft die übrigen

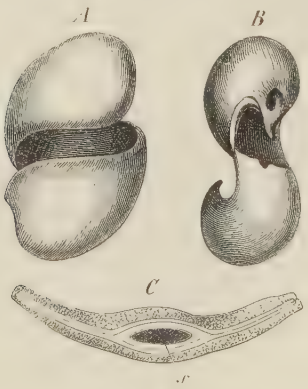


Abb. 39.
Früchte von *Caesalpinia coriaria* (sog. Dividivischoten). *C* Lupenbild eines Querschnitts durch die Frucht und den Samen *(s)*. Nat. Gr. (Wiesner.)

Gewebe um mehr als das Dreifache an Mächtigkeit.

Der Same bietet in seinem anatomischen Bau keine bemerkenswerte Abänderung.

Die Gerbstoffmenge der Bablahhülsen wird mit 11—16 %, neuerdings mit 20 bis 25 % angegeben. Sie dienen zum Gerben und Schwarzfärben und werden hauptsächlich bei Schaffellen zur Zubereitung des Glacéleders verwandt, wozu sie (gleichzeitig zum Gerben und zum Färben) vorzüglich geeignet sind (310).

Anmerkung: In der Sammlung der Wiener Versuchsstation für Lederindustrie befindet sich ein Muster von Gerbstoffrüchten mit der Signatur »*Ruprechtia viraru*, Argentinien«. Abgesehen davon, daß von der zu den Polygonaceen gehörigen Gattung *Ruprechtia* (= *Magonia* Vell.) keine Art bekannt ist, die eine technische Verwendung erfährt, ist auch diese Bestimmung der Früchte unrichtig. Die Muster sind gegliederte, dicke, isabellgelbe, zart bräunlich gefleckte und stark glänzende Hülsen mit fast vierkantigen, an den Breitflächen emporgewölbten Gliedern; das Perikarp ist sehr mächtig entwickelt. Die sehr dünnen, linsenförmigen, braunen Samen haben dieselbe Zeichnung wie die der Bablah. Nach der von Harms in Berlin angestellten Untersuchung gehören die Hülsen wahrscheinlich zu *Prosopis algarobilla* Griseb. oder einer nahe verwandten *Prosopis*-Art. Daß *Prosopis*-Hülsen als Gerbmaterial dienen sollen, ist bisher nicht bekannt geworden.

29. Dividivi. Mit diesem Namen bezeichnet man die gerbstoffreichen Früchte der in Venezuela, Honduras, Guatemala, Mexiko und auf den westindischen Inseln einheimischen Leguminose *Caesalpinia coriaria* Willd. (*Libidibia coriaria* Schlecht.). Auf Curaçao und in Venezuela nennt man die Bäume »los dividivos«, von welchem Wort der Handelsname, der manchmal auch »Libidibi« lautet, herrührt. In Mexiko und Honduras heißen die Früchte »Cascalote«, »Nanacascalote«; andere Bezeichnungen sind »Samak«, »Quatta pana«. In den genannten Ländern benutzt man die Hülsen schon seit langem bei der Lederbereitung. In Honduras stellt man aus ihnen mit einem natürlich vorkommenden Eisensulfat Tinte her, die als »Nacascalo« zum Färben dient; Hartwich (311). Daß die Cascalote zur Tintenbereitung dienen, gibt schon Chappe d'Autoroche (312) an. In Europa dagegen scheint dieser Rohstoff erst seit Anfang des 19. Jahrhunderts zum Gerben und Schwarzfärben benutzt zu werden. Die älteste Mitteilung über diese Früchte findet sich bei Jacob Breyn (313), der eine Hülse und Samen unter dem Namen »siliqua arboris Guatapunae ex Coracao insula« abgebildet hat. Weitere interessante geschichtliche Angaben bei Beckmann (279). Vgl. auch Jaquin (314), Bancroft (315), Duchesne (137). Die gute Verwendbarkeit der Früchte und die geringen Produktionskosten gaben Veranlassung, die Kultur der *C. coriaria* auch in anderen Tropengebieten zu versuchen. Nach Semler sind mehrere große Pflanzungen in Vorderindien (Madras), in britisch Burmah und auf Ceylon angelegt worden;

auch auf Java und in Australien hat man den Anbau versucht. Die indische Ware kommt der amerikanischen an Gerbstoffgehalt gleich (316).

Im Küstengebiet des ehemal. Deutschostafrika wurden Versuchspflanzungen angelegt, die günstige Erfolge erzielten. Die Früchte wiesen einen Gerbstoffgehalt von 42,4 % auf. (305), Engler (162).

Die Dividivi werden im reifen Zustand gesammelt und kommen aus Caracas, Maracaibo, La Hacha, Paraiba, von mexikanischen Häfen und von der Insel Curaçao in den Handel. Im Jahre 1872/73 betrug der Export von Venezuela (nach A. Ernst) 753 728 kg, im Jahre 1873/74 dagegen schon 824 815 kg. Die deutsche Einfuhr betrug im Jahre 1909 77 422, 1911 58 565 Meterzentner; Bodenstab (285).

Die Frucht der *Caesalpinia coriaria* ist eine schnecken- oder S-förmig eingerollte, trockne und spröde, an beiden Enden stumpf zugespitzte Hülse (Abb. 39); Wiesner (121). Die zusammengerollte Frucht ist etwa 1,5—3 cm lang, völlig gestreckt würde ihre Länge 3—10 cm betragen. Die Breite beläuft sich auf 2—3 cm, die Dicke auf 3—5 mm. Die beiden Klappen sind bis auf die zur Beherbergung der Samen dienenden linsenförmigen Räume völlig verwachsen. Die Außenfläche der Hülse ist glatt, schwach glänzend, kastanienbraun gefärbt. An der Fruchtwand lassen sich mit freiem Auge drei Schichten unterscheiden: die äußere bildet eine dünne, sehr spröde, braune Haut, die von den trockenen Hülsen sich leicht ablöst, woher diese eine matte, ockergelbe Färbung und eine rauhe, gelb abstäubende Oberfläche besitzen; die mittlere Schicht, die als die eigentliche Gerbstoffschicht bezeichnet werden kann, ist ockergelb und am stärksten entwickelt. Die innerste Schicht ist eine gelblichweiße, sehr zähe Haut. In jeder Frucht sind 2—8, gewöhnlich 2—4 länglich-linsenförmige, 6—8 mm lange, 4—5 mm breite, mit harter, brauner, glänzender Schale versehene Samen enthalten.

Die äußere Oberhaut der Hülsen besteht aus — in der Fläche gesehen — polygonal begrenzten, stark kutikularisierten Zellen, deren Umriß im Querschnitt rechteckig und mitunter fast radial gestreckt erscheint. Die Wand der Oberhautzellen besitzt eine sekundäre Anlagerung, die in Kalilauge und auch in Salzsäure so stark aufquillt, daß das ursprüngliche Lumen stark eingeengt wird (Abb. 40 *ep*, 41 *m* und *sM*); von diesen sekundären Verdickungen hebt sich die primäre Zellwand (mit der Mittellamelle) deutlich ab. Sowohl die Zellwände als auch der kleinkörnige Inhalt sind braun gefärbt und verursachen (mit der unter der Oberhaut liegenden Zellreihe) die braune Färbung der

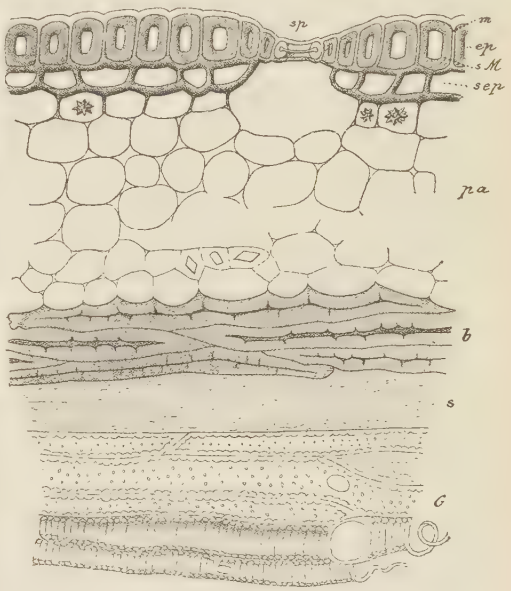


Abb. 40.
Caesalpinia coriaria. Partie eines radialen Längsschnitts der Dividivihülse. *ep* Oberhaut, *sp* eine Spaltöffnungszelle an der (inneren) Längsseite, *sep* subepidermale, braungefärbte Zellen, *pa* dünnwandiges Parenchym, *b* Bastbelag, *s* Siebteil, obliteriert; *G* Gefäßteil; bezüglich *m* und *sM* siehe Abb. 41.

Hülse. In Salzsäure erscheinen die Wände gelb. Die Oberhaut enthält nicht gerade spärliche, schmal-elliptische (mit der Längsachse meist in der Richtung der Fruchtachse orientierte), farblose, etwas vertiefte Spaltöffnungen (Abb. 40 *sp*), die von einem Kranz schmaler, gekrümmter, zu zwei, selbst zu drei konzentrischen Kreisen angeordneter Oberhautzellen (Abb. 41) umgeben sind. Unter der Oberhaut liegen eine oder zwei Reihen von Zellen, deren Wände noch ziemlich derb und ebenfalls braun gefärbt sind; einzelne führen als Inhalt Oxalatdrusen (Abb. 40 *sep*). Aus diesen histologischen Elementen setzt sich die oben angegebene

äußere Schicht des Perikarps zusammen. Teils plötzlich, teils allmählich gehen diese Gewebe in ein sehr dünnwandiges, farbloses, mit kleinen Interzellularen ausgestattetes Parenchym über, in dem die Gefäßbündel verlaufen; die Parenchymzellen zwischen der äußeren Schicht und der Gefäßbündelzone sind gerundet polyedrisch, sehr dünnwandig und viel kleiner als die jenseits der Gefäßbündel folgenden; diese letzteren sind bedeutend größer, in radialer Richtung besonders ausgedehnt, ihre Wände sind schon zum Teil in Wasser, fast vollständig in heißer Kalilauge löslich; jede Zelle enthält einen goldgelb glänzenden, glasig brechenden, strukturlosen, das Lumen nahezu ausfüllenden Körper, der von Eisenchlorid tief indigoblau gefärbt und gelöst wird; außer diesen Gerbstoffkörpern findet man in dem Parenchym noch sehr reichlich Oxalatkristalle, sowohl Einzelgestalten wie Zwillingsformen und Drusen. Dieses Gerbstoffparenchym entspricht der mittleren Schicht der Fruchtschale. Beim Zerbröckeln der Frucht erhält man die Gerbstoffkörper in Gestalt eines grobkörnigen, gelbbraunen Pulvers. Die Gefäßbündel (Abb. 40 *G*) besitzen einen starken, auf der Außenseite liegenden Bastbelag, einen (in der Längsansicht nur zartfaserig erscheinenden) Siebteil und ein Xylem, in dem Spiralgefäße und getüpfelte, gefäßartige Elemente auftreten. Der Bastbelag ist von Kristallzellen umsäumt, die Kristalle sind Einzelformen und liegen wahrscheinlich in Membranfalten. Die Bastelemente sind relativ kurze, an der Außenseite des Belags buchtige oder knorrige, gabelig oder ästig endigende, sehr stark verdickte, aber schwach verholzte Fasern; einzelne sehr verkürzte Individuen gleichen wahren Steinzellen. Gruppen sklerosierter, poröser, aber weitlichtiger, polyedrischer Zellen treten vereinzelt in dem Gerbstoffparenchym nahe der inneren Haut auf. Die innerste Schicht bildet eine lichtholzfarbige Haut, die aus stark verholzten und bis auf ein linienförmiges Lumen verdickten Fasern zusammengesetzt ist. Der Querschnitt der Fasern ist rund, elliptisch, rhombisch, der Längsverlauf teils gerade, teils gewunden; die Fasern haben mäßig zahlreiche Porenkanäle und sind reichlich mit Kristallzellen umsponnen. Das Gewebe, das die Häute der beiden Klappen verbindet, ist eine dünnfasrige, farblose, nicht verholzte Schicht, in der auch Kristalle und Gerbstoff auftreten.

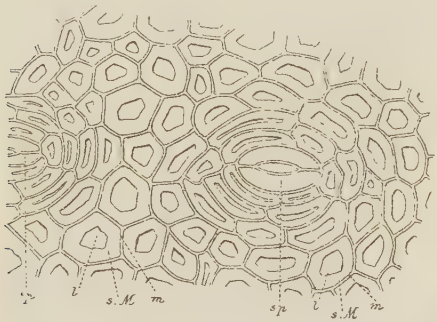


Abb. 41.
Caesalpina coriaria. Oberhaut der Dividivihülse von der Fläche. *sp* Spaltöffnung, *m* Mittellamelle und Primärwand, *s. M.* sekundäre, in Kalilauge quellende Anlagerung, *l* Lumen. Vergr. 400. (Hanausek.)

Die Dividivihülsen enthalten 30—50 %, im Mittel 42 % Gerbstoffe; davon ist besonders die Ellaggerbsäure (Ellagengerbsäure $C_{14}H_{10}O_{10}$) zu nennen, die neben der Ellagsäure ($C_{14}H_{16}O_8 + 2\,H_2O$) und Gallussäure den Hauptbestandteil der Inhaltskörper ausmacht: Barth und Goldschmiedt (317), Zölffel (318). Die Ellagsäure verursacht auch das mikrochemische Verhalten der Gerbstoffschicht: Ein in Kalilauge gelegter Schnitt wird zuerst tiefgelb gefärbt, die entstehende gelbe Lösung wird allmählich gelbrot bis rotviolett. Neuere Untersuchungen über den Dividivi-Gerbstoff liegen von Procter (319), Stiasny (320) und Philip (321) vor.

Über die Gerbungseigenschaften der Dividivi berichtet Semler, daß sie das Leder hart machen, ihm viel Gewicht und helle Farbe geben; sie stehen daher in dieser Beziehung den Valonen recht nahe. Nach andern Mitteilungen (310) färben sie das Leder rötlich und eignen sich in Verbindung mit andern Gerbmitteln mehr zur Gerbung von Unterleder.

In neuerer Zeit sind auch falsche Dividivi auf den Markt gekommen. Diese sind grade oder schwach gekrümmte, lederbraune oder bräunlichgelbe, etwas glänzende, 6—9 cm lange, 1—1,8 cm breite, flache, durch die etwas vorspringenden Samenfächer quer gerippte Hülsen, die nach ihrem anatomi-

schen Bau eine nahe Verwandtschaft mit den Dividivihülsen zeigen und wahrscheinlich auch von einer *Caesalpinia*-Art abstammen. Vielleicht gehören sie zu *Caesalpinia paipae* Ruiz. et Pav., deren Hülsen in Peru (und Chile?) unter dem Vulgärnamen »Pi-pi« als Gerb- und Färbmittel Verwendung finden. Im Ind. Kew. ist für diese Art »Flor. Peruv. IV. t 375« zitiert, was aber unrichtig ist, wenn damit Ruiz et Pavon, Flora Peruviana et chilensis, gemeint ist, denn in diesem Werk ist die genannte Art nicht enthalten. Sie sind ebenfalls reich an Gerbstoffen.

Die Dividivi von Bogotà stellen große flache Hülsen vor, deren äußere Schicht eine fuchsrote oder hellbraunrote, dünne, sehr spröde Haut bildet; die mittlere und innere Schicht ist wie bei der echten Ware gebaut. Die Samen sind plattgedrückt, gerundet, trapezförmig oder unregelmäßig-breiteiförmig, kastanienbraun. Diese Hülsen stammen wahrscheinlich von *Caesalpinia tinctoria* (H.B.K.) Benth. = *Poinciana spinosa* Molina, die unter dem Namen »Tara« in Chile und Peru zum Gerben und Schwarzfärben verwendet werden. [Feuillée (322), Beckmann (279)]. C. Oettinger (225) beschreibt ein als »Cuerorinde« (Guararinde) bezeichnetes, aus Mexiko stammendes Pulver mit 47 % Gerbstoff, das sich nach der mikroskopischen und chemischen Untersuchung als zerkleinerte Dividivifrüchte erwies. Eine früher von W. Eitner (19) beschriebene »Curerorinde« auch unter dem Namen »Palo blanco- oder Casea blanca-Rinde« importiert, besaß nur etwa 20 % Gerbstoff und dürfte die Rinde einer Malpighiacee (*Malpighia faginea*) sein.

30. **Tari (Teri).** Die Hülsen der in Vorderindien und im Malaiischen Archipel einheimischen Leguminose *Caesalpinia digyna* Rottl. [Rottler (323)] (= *C. oleosperma* Roxb. = *C. gracilis* Miqu.) werden dort unter dem Namen »Tarihülsen«, »Tari-« oder »Terischoten« als Gerbmittel verwandt und sind auch auf den europäischen Markt gekommen. Tari heißt in Indien auch der aus *Phoenix silvestris* Roxb. (Palmae) bereitete Palmwein [Drude (324)]. Sollte dieser Rohstoff, der nach Hartwich (325) 33,25% Gerbstoff liefert, in genügender Menge beschafft werden können, so kann seine Verwendung gleich der der Dividivi sehr umfangreich werden.

Die Tarihülsen sind (je nach der Samenzahl) 3—4,8 cm lang, 2—2,5 cm breit, flach und an den Enden infolge der emporstehenden Klappenränder vertieft; nur wo die 1—3 Samen liegen, sind die Früchte hochbucklig (»torulos« nach Hooker) aufgetrieben. Die Basis der Hülse zeigt eine seitlich schief hervortretende Ansatzstelle des Fruchtstieles, der Scheitel ist spitz oder stumpf, die Ränder der fest verschmolzenen Klappen sind wulstig vergrößert (Abb. 42). Die

Abb. 42.
Terihülsen oder Tarischoten, Früchte von *Caesalpinia digyna* Rottl. *a* dreisamige, *b* einsamige Frucht. 1/2 nat. Gr. (Hanausek.)

Oberfläche ist kastanien-, leder- oder gelbbraun, glatt, glänzend; im Innern findet man unter der braunen Außenschicht eine weiße, weiche, schwammige Mittelschicht, die an den Klappenrändern mächtig entwickelt ist, an den Breitseiten am Samenlager nur eine dünne Lage bildet. Die innerste Schicht des einfächrigen Perikarps ist eine gelblichweiße, dünne, spröde Haut, der an der freien (inneren) Oberfläche eine feste glasglänzende, farblose, durchsichtige Masse, oft erstarrte Tröpfchen bildend, anhaftet, oft in solchen Mengen, daß sie den Hohlraum zwischen den Fruchtwänden und den Samen vollständig ausfüllt. Dieser Überzug zeigt, mikroskopisch betrachtet, ein oberflächliches Sprungliniennetz, ist in Wasser, aber nicht in Alkohol löslich, wird von Eisensalzen nicht gefärbt und stellt ein Gummi dar, über dessen Herkunft weiter unten berichtet wird.

Die Hülsen beherbergen nach Hanau-

sek 1—3 Samen; Hooker (326) dagegen sagt: »Pod oblong, glabrous $1^1/_2$ to 2 inches long, 2—4 seeded, turgid, torulose«. Die Samen sind 1—$1^1/_2$ cm lang, 0,8 bis 0,9 cm breit und dick, unregelmäßig rundlich-eiförmig, an einer Stelle konkav, an der Oberfläche olivbraun, matt; auf die äußere Schicht (Palisadenepidermis) der Samenschale folgt ein weiches, kastanienbraunes Gewebe (Parenchym); der

Abb. 43.
Caesalpinia digyna Rottl. Partie eines Querschnitts durch das Perikarp. *ep* Oberhaut (die Außenwand der Zellen stark aufgequollen), *h* Sekretzellen, *sch* Schwammparenchym. Vergr. 400. (Hanausek.)

gelblichweiße, weiche Samenkern liegt lose in der Schale.

Die Anatomie des Perikarps weist einige sehr bemerkenswerte Eigentümlichkeiten auf. Hanausek (327). Die Epidermis der Außenseite ist aus polyedrischen Tafelzellen gebildet, die mit einem tiefbraunen Inhaltskörper erfüllt sind und an der Außenwand schon in Wasser, besonders aber in Kalilauge so mächtig aufquellen, daß das Lumen auf einen Spalt reduziert wird (Abb. 43 *ep*), wobei der Inhalt sich zusammenzieht oder zum Teil löst; auch die Kutikula ist stark entwickelt. An Querschnitten läßt sich folgende Zusammensetzung der Zellwand erkennen: eine stattliche, gemeinsame Außenwand, die keine Zellulosereaktion gibt, sendet ebenso beschaffene Radialwände nach einwärts (Abb. 45 *l*); an diese Membranteile legt sich eine sekundäre an der Außenseite viel stärker entwickelte Wand an (Abb. 45 *l*), die deutlich auf Zellulose reagiert, schon in Wasser, vielmehr aber in Kali aufquillt und den dunkelbraunen Inhalt nach abwärts drängt (Abb. 45 *m*). Diesem Inhalt, sowie dem dunkelgefärbten

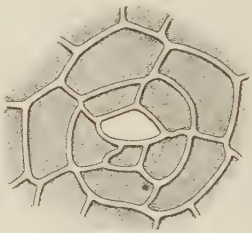


Abb. 44.
Caesalpinia digyna Rottl. Lücke in der Oberhaut mit den umgebenden, in zwei Kreisen angeordneten Oberhautzellen. Der die Lücke ausfüllende Pfropf durch Kochen in Kalilauge entfernt; darunter eine (nicht gezeichnete) Spaltöffnung. Vergr. 600. (Hanausek.)

subepidermalen Gewebe, verdankt das Perikarp seine braune Farbe. Zerstört man mit Schwefelsäure die Zellulose-lamellen, so bleibt die gemeinsame Außenwand mit den als Zapten (im Querschnitt) erscheinenden Radialwandteilen zurück. Die zahlreichen farblosen Spaltöffnungen zeigen häufig einen aus einer grauen, körnigen, in Wasser und Alkohol nicht, wohl aber in Kalilauge, löslichen Masse bestehenden Pfropf; nach dessen Entfernung findet man meist eine Lücke (Abb. 44), unter der die Spaltöffnung liegt (Abb. 45 *sp, pf*). (An der Oberhaut des Fruchtknotens von *C. digyna* ist an den Spaltöffnungen kein Pfropf wahrzunehmen.) Die die Spaltöffnungen umgebenden Epidermiszellen sind zu zwei oder drei konzentrischen Kreisen geordnet. In dem unter der Epidermis liegenden parenchymatischen Gewebe, dessen Zellwände ebenfalls durch bedeutende Quellbarkeit ausgezeichnet sind, finden sich große, kugelige Sekretzellen vor, die meist in

einer Reihe angeordnet sind und einen blaßgelben, in Alkohol, Äther usw. löslichen balsamartigen Inhalt führen. Die eine Sekretzelle umgebenden Parenchymzellen sind im Sinn der Kugelradien (auf die Sekretzelle bezogen) gestreckt und ebenso auch um die Sekretzelle orientiert (Abb. 43 *h*); besonders schön sieht man diese strahlenförmige Anordnung an tangentialen (Flächen-) Schnitten.

Dieses subepidermale Gewebe hat den Charakter eines Schwell- oder Quellungs-Apparats; die getüpfelten Membranen der Zellen quellen schon im Wasser mächtig auf und kommen in heißer Kalilauge fast zum Zerfließen (Abb. 46 *sep*). An den

Abb. 45.
Tarifrucht *(Caesalpinia diyyna)*. Querschnitt durch eine Spaltöffnung. Vergr. 600. *c* Kutikula, *ep* Epidermis, *l* Außenlamelle, *l'* sekundäre (Zellulose-) Membran, *m* Inhaltskörper, *sp* Spaltöffnungszellen, *pf* Kutikularpfropf. (Hanausek und Weese.)

Breitseiten des Perikarps ist das Schwellgewebe viel stärker entwickelt als an den Kanten; es verhält sich sonach in dieser Beziehung geradezu umgekehrt wie das folgende Schwammparenchym. Die physiologische Bedeutung dieser Schicht läßt sich nur experimentell ergründen, wird aber wahrscheinlich mit der Befreiung des Samens zusammenhängen; da die Hülsen nicht aufspringen, so dürfte das Perikarp vielleicht im Weg der Wasseraufnahme eine Lockerung und Erweichung erfahren; damit könnte auch die Pfropfbildung der Spaltöffnungen in Zusammenhang stehen, die so lange einen Verschluß zu bewirken hat, als eine Wasseraufnahme — zur Befreiung und darauffolgenden Keimung des Samens — noch nicht günstig erscheint.

Schon in dem subepidermalen Parenchym treten größere und kleinere, meist rundliche Lücken auf (Abb. 43 und 46); weiter nach einwärts geht das Gewebe in ein typisches, mit großen runden Interzellularen ausgestattetes Schwammparenchym über, dessen Zellen in der äußeren Hälfte breite Lumina und kurze Sternäste besitzen, nach innen zu aber, und besonders an den Klappenrändern, mit langen, schmalen Sternarmen ausgestattet sind; einfache Tüpfel kommen

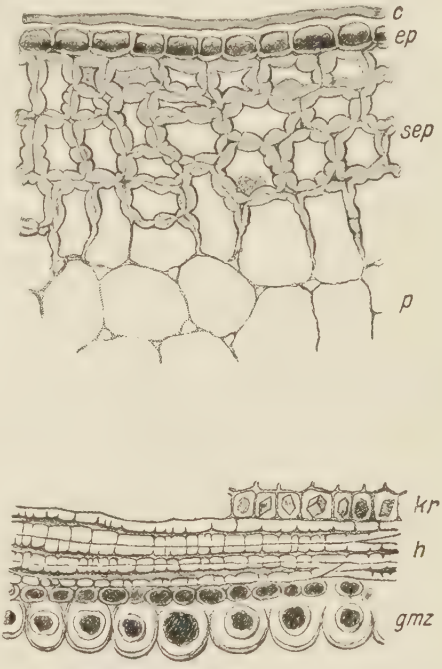


Abb. 46.
Tarifrucht. Partie eines Querschnitts von der Breitfläche des Perikarps, in kalter Kalilauge; es wurde eine Stelle gewählt, die keine Sekretzelle enthält. *c* Kutikula, *ep* Epidermis, *sep* subepidermales Quellgewebe, *p* Gerbstoffparenchym (nur zum geringsten Teil gezeichnet); *kr* Kristallzellen, *h* Hartschicht, *gmz* Gummizellen. (Hanausek und Weese.)

häufig vor. Der Inhalt dieser Zellen ist ein farbloser, glasglänzender, kantig brechender Körper, der von Eisensalzen tiefgrün gefärbt wird; es ist der Gerbstoff.

Mitten durch das Schwammparenchym — meist näher der Außenseite — zieht ein schmaler Streifen von tangential stark zusammengepreßten, in ihren Konturen wenig deutlichen Zellen. In dieser Zone liegen die Gefäßbündel. Diese sind meist kollateral, ein Bastfasergürtel mit 2 bis 3 Bastfaserreihen umsäumt den auffallend großen Siebteil, der durch weite, schön ausgebildete Siebröhren, sehr reichlich kleinzelliges Phloemparenchym und Kambiform (mit radial angeordneten und tangential gestreckten Zellen) ausgezeich-

net ist. Solche wohlerhaltene Siebröhren lassen sich in ausgereiften und getrockneten Früchten anderer Pflanzen wohl nur selten beobachten. Der Gefäßteil enthält Tüpfel- und weite Spiralgefäße, Tracheiden, nicht selten in radialer Anordnung, wobei auch Markstrahlen auftreten. Das

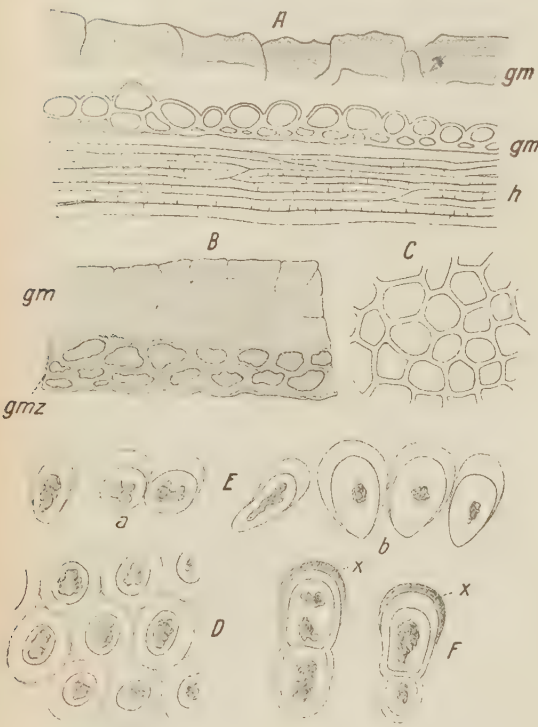


Abb. 47.
Tarifrucht. Partie eines Querschnitts durch die innersten Perikarpschichten mit *A* daranhängender Gummimasse, in dickem Glyzerin, *h* Hartschicht, *gmz* Gummizellen, *gm* Gummischicht. *B* dieselbe in Alkohol. *C* Flächenansicht der Gummizellen in Alkohol. *D* Dieselbe nach Einwirkung von Wasser. *E* in Kalilauge gequollene und isolierte Gummizellen, *a* nach kürzerer, *b* nach längerer Einwirkung. *F* Gummizellen in Jod und Schwefelsäure, bei *x* die farblose Umwandlungszone. (Hanausek und Weese.)

Schwammparenchym schließt mit einer Reihe kleiner polyedrischer bzw. kubischer Zellen, deren jede einen Oxalatkristall führt (Abb. 46 *kr*). Die Kristallzellenreihe lagert unmittelbar der Hartschicht des Perikarps an (Abb. 46 *h*), die aus schmalen, sehr stark verdickten, verholzten und getüpfelten Bastfasern in etwa 4—6 Reihen besteht. Nun folgt jene eigentümliche Gewebeschicht, die das Perikarp auf der Fruchthöhlenseite abschließt und dieser Lage gemäß als die Innenepidermis des Perikarps aufgefaßt werden muß. Um das ursprüngliche Verhalten beobachten zu können, muß man in dickem Glyzerin oder starkem Alkohol präparieren. Ein in dickem Glyzerin liegender Querschnitt (Abb. 47 *A gmz*) zeigt zwei oder drei Zellreihen: eine oder zwei aus kleinen, schmalen Zellen bestehende, unmittelbar an das Endocarp stoßende Reihen und eine darauffolgende mit weit größeren Zellen, die einen rundlichen Umriß, ein ziemlich großes Lumen und einen faltigen Inhaltskörper besitzen; auf der freien Seite sind diese Zellen durch eine deutliche, doppelt konturierte Lamelle abgegrenzt; daran lagert sich nun die oft mehrere Millimeter mächtige, farblose, sprüngige Gummischicht (Abb. 47 *A gm*). Im Alkoholpräparat dagegen (Abb. 47 *B*) fehlt der rundliche Umriß der Zellen. Diese sind vielmehr unregelmäßig, die das Lumen unmittelbar umgrenzende Lamelle ist stark und etwas faltig konturiert und wird von einer sehr schmalen Linie (im Querschnitt) umsäumt; von der Fläche gesehen, findet man die Zellen in normalem Zusammenhang, scheinbar ein polyedrisches, ziemlich derbwandiges Parenchym bildend (Abb. 47 *C*). Gibt man nun Wasser hinzu, so lockert sich dieser Zusammenhang alsbald, jede Zelle umgibt sich mit einem breiten Hof, d. h. die Zellmembranen quellen auf, und am Querschnitt sieht man, daß diese Quellung nur auf der freien Außenseite stattfindet (Abb. 46 *gmz* und Abb. 47 *D*). Läßt man Kalilauge einwirken, so lösen sich die Zellen vollständig aus dem Verband und erscheinen nun als eiförmige Körper, deren Zellwand an der Außenseite mächtig gequollen, an der entgegengesetzten dagegen dünn geblieben ist. In Abb. 47 *E* zeigt *a* diese Zellen nach kürzerer, *b* nach längerer Einwirkung der Kalilauge. Ein ganz anderes Verhalten zeigen diese Zellen nach Behandlung mit Jod und Schwefelsäure. Da quillt die ganze Schicht stark auf, die äußersten Zellen schießen papillenartig hervor und nicht selten sieht man zwei oder drei solcher Zellen im Verband, ähnlich zwei- oder dreizelligen Haaren (Abb. 47 *F*); die Membran ist blaugrau, zeigt also noch Zellulose-Reaktion und besitzt eine fast farblose unregel-

mäßig begrenzte, bald breitere, bald schmälere Haube (Abb. 47 *F* bei *x*), die die Grenzzone andeutet, in welcher der Übergang, die Umwandlung der Zellulose in Gummi, stattfindet. Hierbei ist noch besonders hervorzuheben, daß die radiale Verbindung der Zellen viel schwächer sein muß als die tangentiale, denn in radialer Richtung sind sie voneinander vollständig geschieden, während die zwei oder drei übereinanderstehenden Zellen im Verband bleiben.

Nach dem Mitgeteilten unterliegt es wohl keinem Zweifel, daß das Gummi von der Zellenwand der »Gummizellen« herrührt. Die Gummizellen der Tarihülsen lassen somit auf eine sehr deutliche Weise den Übergang der Zellulosemembran in Gummi beobachten und geben wieder einen Beweis von der Bildung des Gummis durch Metamorphose der Zellmembran. Von der Tragantbildung unterscheidet sich dieser Entstehungsmodus aber sehr wesentlich dadurch, daß bei der Entstehung des Tragants die ganze Zellmembran in den Vergummungsprozeß einbezogen wird und der zellulare Charakter allmählich verloren geht, mithin also eine Lysigenesis eines Gewebes stattfindet; bei den Tari läßt aber der Prozeß die Erzeugungsstätte bis zu einem gewissen Grad intakt und hauptsächlich nur die Membranen scheinen der freien Außenseite das Material für das Gummi abzugeben.

Der Inhalt der Gummizellen ist von eigentümlicher, nicht gut zu definierender Beschaffenheit. Im trocknen Zustand ist er hart, in Wasser erweicht er ohne Formveränderung, in Kalilauge bildet er einen faltigen, teilweise mit Luft gefüllten Sack, wie die darin befindlichen Luftblasen erweisen, auf Eiweiß reagiert er nicht und in Schwefelsäure bleibt er als eine braune, löchrige, netz- oder gitterförmige Masse zurück.

Von der Anatomie des Samens sei nur erwähnt, daß die Keimblätter reich an kleinkörniger Stärke und an großen Sekretbehältern sind, die ein in heißem Alkohol leichtlösliches Produkt, anscheinend ein ätherisches Öl, enthalten.

31. Algarobillo. Die unter dem Namen »Algarobillo« oder »Algarobito« — diesen Namen, das Diminutiv von Algaroba, vom arab. »al« und »garub«-Schote herrührend (danach auch die Johannisbrotfrüchte von *Ceratonia siliqua* L. »Carobben« heißen), führen auch die Früchte mehrerer anderer Leguminosen, wie die von *Inga marthae* Spr., *Prosopis juliflora* D. C., *Prosopis alba* Hier. (»Algarobo blanca«), *Hymenaea courbaril* L., von *Acacia*-Arten u. a. — in den Handel kommenden Früchte der Leguminose *Caesalpinia brevifolia* Benth. (= *Balsamocarpon brevifolium* Clos.) sind in Chile als Gerb- und Schwarzfärbemittel in Gebrauch. Hierzu scheinen sie auch vortrefflich geeignet, denn sie reichen mit dem Gehalt an Gerbstoff an die besten technisch verwandten Gallen heran. Im Geheschen Handelsbericht vom November 1878 wird ihr Gerbstoffgehalt mit 67,45 % angegeben; Godeffroy (328) fand 59,2—68,4 %. Fol (329) 65 %, nach Hartwich (330) beträgt er aber höchstens 64 %, oft weniger, einmal auch nur 49,6 %. Da der Gerbstoff mit roten oder braunen Farbstoffen innig verbunden ist, deren Entfernung, wie es scheint, nicht zu erreichen ist, so ist es erklärlich, daß die Anwendung der Algarobillo bisher nicht dem hohen Gerbstoffgehalt entsprechend umfangreicher geworden ist.

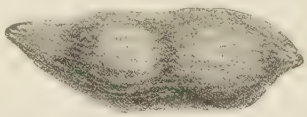


Abb. 48.
Frucht von *Caesalpinia brevifolia* Benth., Algarobillo. In natürlicher Größe. (Hanausek.)

Die Früchte [Hanausek (31), Hartwich (330), Zölffel (295), Arnaudon (331), Ascherson (332)] sind walzenrunde, 3—5 cm lange, 1 bis 2,5 cm dicke Hülsen, die an der Rücken- und an der Bauchseite je eine Längsfurche besitzen. Die Oberfläche ist gelb, bräunlich, selbst dunkelbraun, an einer Seite mitunter rosenrot gefärbt, glänzend, längs- und quergerunzelt, an den Samenlagern etwas aufgetrieben (Abb. 48). In den Früchten sind zwei bis sechs dicken Linsen ähnliche, im Durchmesser 8—9 mm haltende, braune, an der Oberfläche matte Samen enthalten, häufig durch leistenartige Vorsprünge der Fruchtwand an den Rän-

dern voneinander geschieden. An den trocknen Früchten ist nicht selten an einzelnen Stellen die spröde oberflächliche Schicht des Perikarps abgerieben und läßt das darunterliegende reich verzweigte Fasernetz sichtbar werden. Dieses zeigt einige in der Längsrichtung der Frucht verlaufende Hauptstränge, von denen fast rechtwinklig zahlreiche Nebenstränge abzweigen, die wieder durch Anastomosen miteinander verbunden sind. Der größte Teil des Raums zwischen Oberhaut und dem dünnen, zähen Endokarp ist von einer gelben oder gelbroten, glasigen, kantig brechenden, glänzenden, harzigen Masse erfüllt, die zum größten Teil aus dem Gerbstoff besteht. Sie löst sich in Kalilauge mit prächtig orangeroter Farbe, wobei mitunter sehr zarte Netze zurückbleiben, die Reste des ursprünglichen Perikarp-Parenchyms.

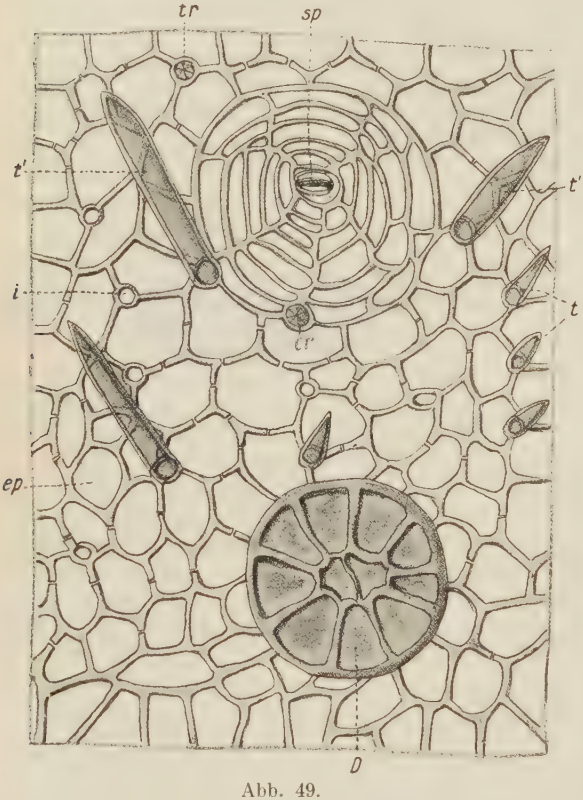


Abb. 49.
Frucht von *Caesalpinia brevifolia* Benth., Algarobillo. Längsansicht der Außenepidermis *ep*. — *sp* Spaltöffnung, *t* kurze Trichome von der Seite, *tr* von oben, *t'* längere Trichome, *D* Drüse von oben. (Hanausek.)

Über die anatomischen Verhältnisse ist folgendes zu berichten [Hartwich (330)]: Die Außenepidermis des Perikarps besteht aus kleinen, stark kutikularisierten, an den Radialwänden getüpfelten Zellen von unregelmäßig polygonalem, meist viereckigem Umriß (Abb. 49 *ep*). Im Querschnitt erscheint die Außenwand viel mächtiger als die übrigen Wände (Abb. 50 *ep*). Ziemlich reichlich kommen Spaltöffnungen vor, die meist tiefer als die Epidermiszellen liegen und von einem Kranze schmaler Nebenzellen umgeben sind, ein den *Caesalpinia*-Früchten eigentümlicher Typus (Abb. 49 *sp*). Außerdem enthält die Epidermis einzellige Trichome, von denen Wiesner dreierlei Formen unterscheiden konnte. Am verbreitetsten sind sehr kurze (23 bis 27,6 μ) stumpfkegelige Börstchen (Abb. 49 *t*), die häufig in der Aufsicht zu sehen sind und sich da als kleine Kreise mit einem Radienstern [die gestreifte Kutikula (Abb. 49 *tr*)] darstellen. Eine zweite Form sind die längeren, bis 122 μ messenden, dickwandigen, spitzen Haare (*t'*), von denen sich die dritte Form nur durch die dünnen Wände unterscheidet. Die Verschiedenheit ist daher nur graduell, sie beruht in der verschiedenen Mächtigkeit der Zellwand. Besonderes Interesse erregen die Drüsen. Diese stellen vielzellige Gewebehöcker dar, die, je nach ihrer Entwicklung, als halbkugelförmige Erhebungen der Epidermis oder auf dickem Stiel sitzende Kopfdrüsen erscheinen (Abb. 49 *D* und Abb. 51). Die derbwandigen Zellen umschließen einen mit einem gelben Sekret ausgefüllten Hohlraum, mitunter sind sie auch in spitze Haare verlängert.

Unter der Oberhaut lassen sich noch einige Reihen zartwandiger, zusammengepreßter Parenchymzellen beobachten (Abb. 50 *p*), deren weitere Folgen durch das in gewaltigen Massen angehäufte Gerbstoffsekret verdrängt worden sind und nur, wie schon erwähnt, nach Lösung des Sekrets mitunter als zarte Netze beobachtet werden können.

Das Fasernetz besteht aus Bündeln von Bastfasern (Abb. 52) und Gefäßteilen;

diese enthalten schmale Spiroiden; außerdem kommen Kristallkammerfasern mit massigen Einzelkristallen von Kalziumoxalat vor (Abb. 52 *kr*). Hartwich (330) beschreibt und bildet sehr große,

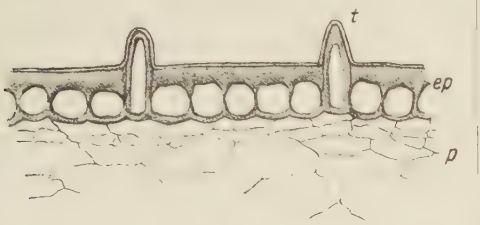


Abb. 50.
Partie eines Querschnitts durch die Oberhaut von Algarobillo. *ep* Epidermiszellen, *t* kurze Trichome, *p* Parenchym. (Hanausek.)

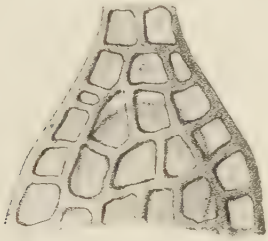


Abb. 51.
Algarobillo. Teil einer Drüse von der Seite. (Hanausek.)

meist in Gruppen auftretende Kristalle ab, deren Natur nicht erkannt werden konnte. Nach den Abbildungen scheinen es Fettsäurekristalle zu sein.

Behandelt man Flächenschnitte des Bastfaserbündels mit Kalilauge, so quillt die Mittellamelle (Abb. 52 *m*) stark auf und läßt die Fasern gewissermaßen isoliert erscheinen.

Die dünne Endokarpplatte ist aus ziemlich weitlumigen Faserzellen zusammengesetzt, hie und da tritt auch eine Reihe dünnwandiger Parenchymzellen auf, die

Abb. 52.
Algarobillo. Bastfasern und Kristallzellen *kr*. Das Präparat liegt in Kalilauge und zeigt die gequollenen Mittellamellen *m*. (Hanausek.)

wahrscheinlich der Epidermis der Innenseite angehören.

Die Samen enthalten in ihren Keimblättern Aleuronkörner und Fett, aber keine Stärke. Die Samenschale ist durch das Vorkommen einer mächtigen Quellschicht ausgezeichnet.

Über den Gerbstoff ist der betreffende Absatz in dem Artikel über die Myrobalanen Nr. 27 nachzusehen.

C. Literaturverzeichnis.

I. Autorenverzeichnis des botanischen Teils.

(Die hinter den Namen angefügten Zahlen beziehen sich auf die Zahlen des Literaturverzeichnisses.)

Andreasch 1, 235.
Andreis 271.
Anonymus 2, 276.
Apéry 290.
Arnaudon 331.
Ascherson 3, 221, 270, 332.
Aschoff 180.
Baillon 249.
Bancroft 122b, 315.
Barth, L. 317.
Bautsch 126.
Beckmann 167, 279.
Beckurts 4.
Bentham 5, 307.
Berg 6.
Bernardin 131, 151, 210.
Bertheraud 168.
Blackadder, T. 7.
Blücher 8.
Bocquillon 229.
Bodenstab 285.
Böhmer 147, 252.
Böttinger 178, 182.
Bolley 204, 257.
Braemer 298.
Breyn 313.
Briquet 264.
Brumwell 9.
Bujard 273.
Busse, W. 10, 158.
Büchner 11.
Caules 207.

Chappe d'Autoroche 312.
Christy 211.
Cohn 12.
Collin 245.
Collins 236.
Councler 166.
Czapek 144.
Dammer 13, 14, 308.
Danhelofsky, A. 189.
Dekker 15.
Denker 209.
Dragendorff 16.
Dreikorn 190.
Drude 324.
Duchesne 137.
Dymock 17.
Eitner, W. 18, 19, 20, 165, 188, 269, 282, 283.
Engler, A. 162.
Ernst, A. 21, 22, 177, 228.
Esser 23.
Etti 179.
Feuillée 322.
Flückiger 24.
Fol 329.
Franke, H. 25.
Fridolin 297.
Gana 26.
Gauthier 187.
Gayer 123, 192.
Geiger 213.
Gintl 241.
Godeffroy 328.
Goldschmiedt, G. 317.
Graebner 270.
Grasser 27.
Greshoff 309.
Griffith 28.
Gschwendner 208.
Guibourt 304.
Guttenberg, v. 174, 265.
Günther 294.
Hahn 157.
Hamel, du 253.
Hampel 29.
Hanausek 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 263, 327.
Hansen 176.
Hartig 141, 183.
Hartwich 214, 311, 325, 330.
Heckel u. Schlagdenhauffen 40, 170.
Heeren 241.
Heermeyer 161.
Heiden 224.
Heldreich, v. 41, 278.
Hempel 193.
Henkel 148.
Hennig 293.
Hesse 152.
Hoehnel, v. 42, 43, 184, 226.
Hooker 326.
Hooper 44, 45, 46.
Hummel 242.
Huswick 255.
Jacquin 314.
Jahn 284.
Jakoby 201.
Jentsch 47, 48.
Joachimovitz 268.
Jowett 200.
Karmarsch 241.
Karsten 49.
Kerr 50.
Kirwan 194.
Klemp 231.
Klinger 273.
Kobert 51.
Koehler 52.
Kotschy 53.
Kraus 54.
Krause 55, 56.
Krieger 205.
Kunz 55, 56.
Lauffmann 57.
Lens 217.
Lepetit 58.
Lewin 59.
Lewine 60.
Liebert 61.
Lindley 171.
Lloyd 62, 154.
Loewe 240, 296.
Loewenthal 63.
Lotichius 195.
Loureiro 163.
Mafat 175.
Maiden 64, 65.
Maisch 215.
Mann 207.
Mannich 66, 67.
Martiny 248.
Martius 302.
Meerkatz 20.
Meyen 68.
Meyer, A. 69.
Mendel 281.
Mérat 217.
Michaux 172.
Mikosch 70.
Miquel 71, 134.
Mitlacher 287.
Moeller, J. 72, 73, 74, 89, 227, 288.
Morpurgo 244.
Muspratt 75.
Müller 5.
Müller, F. v. 212.
Nestler 250.
Netolitzky 218, 237, 243, 244.
Neubauer 195.
Neubrand 77.
Oser 196.
Oettinger 225.
Paessler, J. 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 159, 206, 259, 260, 303.
Pagès 251.
Pallas 140, 173.
Pechuel-Lösche 254.
Perkin 220, 242.
Philipps, P. 86.
Philp 321.
Piquet 87.
Plinius 247.
Potter 200.
Powarnin 216.
Prantl 280.
Procter 88, 319.
Reichardt 186, 190.
Renner 89.
Reuter 199.
Richardson, Cl. 275.
Rosenthal 130.
Rottler 323.
Rousset 198.
Roxburgh 164, 306.
Rupe 90.
Sakellario 91, 272.
Schaer 92, 93, 94, 95, 96.
Schimmel & Co. 246.
Schlagdenhauffen 40, 170.
Schlechter, R. 97.
Schmiedeberg 98.
Schmidt 6.
Schroeder, v. 99.
Schröter, v. 300.
Schulte, M. J. 100.
Schumann 101.
Schweinfurth 301.
Seckendorff, v. 102.
Semler 103.
Siewert 219.
Smetkin 104.
Solereder 105.
Ssekretow 216.
Stenhouse 239.
Stiasny 107, 320.
Strauß 208.
Strohmer 178.
Tauchnitz 277.
Thoms 108, 299.
Thuau 169.
Thümen 181.
Tichomirow 109.
Trimble 203, 233.
Tschirch 110, 111, 230.
Tunmann 258, 267.
Turner 292.
Unger 289.
Veitch 238.
Villeneuve 112.
Vogl, A. 113, 114, 115.
Wagner 143.
Watt 223.
Wehmer 116.
Wehrs, v. 127.
Werekha 139.
Wessely 117, 142, 149.
Wheeler 185.
White 118.
Wiener 119.
Wiesner, v. 120, 121, 262.
Wilbuszewitz 160.
Wilhelm 193.
Wettstein 234.
Wohmann 195.
Wood 220.
Zimmermann 274.
Zölffel 295, 318.
Zörnig 122a.

II. Literaturverzeichnis des botanischen Teils.

1. Andreasch, Gerber **23**, 1897.
2. Anonymus, Chem. and Drugg. 1898, No. 932, nach Beckurts Jahresber. **33**.
3. Ascherson, Sitzber. Ges. Naturforsch. Freunde, Berlin (1892) 13.
4. Beckurts, Jahresber. Pharm., n. F. **27**, 17.
5. Bentham and Müller, Flora australiensis, London (1866) **3**, 188 ff.
6. Berg und Schmidt, Atlas der offizinellen Pflanzen.
7. Blackadder, T., Amer. Leather Chem. Assoc. **17** (1922), 206—210.
8. Blücher, H. Auskunftsbuch für die chemische Industrie, 10. Aufl. (1918), 497.
9. Brumwell, The microscopical examination of Gambir. The J. Soc. Chem. Ind. (1911), 475.
10. Busse, Über gerbstoffhaltige Mangrove-Rinden in Deutsch-Ostafrika (Arb. Ksl. Gesundheitsamt) 1898.
11. Büchner, Dingler, Polyt. J. **184**, 250.
12. Cohn, G., Catechin, Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie, **3** (1916), 298—299.
13. Dammer, O., Illustr. Lexikon der Verfälschungen und Verunreinigungen der Nahrungs- und Genußmittel, Leipzig (1887), 301.
14. Dammer, U., Die Farb- und Gerbstoffpflanzen Deutsch-Ostafrikas in Engler, Pflanzenwelt Deutsch-Ostafrikas **5**.
15. Dekker, J., Die Gerbstoffe; botanisch-chemische Monographie der Tannoide, Berlin, 1913.
16. Dragendorff, G., Die Heilpflanzen der verschiedenen Völker und Zeiten, Stuttgart, 1898.
17. Dymock, Materia medica of Western India (1885), 285.
18. Eitner, W., Die Fichtenrinde als Gerbmaterial. Zentralbl. f. die ges. Forstwirtschaft (1878), 183.
19. Eitner, W., „Der Gerber", 1875, 1877, 1879, 1890, 1893, 1899, 1902, 1904, 1905, 1906.
20. Eitner, W. u. Meerkatz, Über die Unterscheidungen der verschiedenen Extrakte. Ber. Österreich. Gesellsch. zur Förderung der chemischen Industrie **7**, 8.
21. Ernst, A., Die Beteiligung der Verein. Staaten von Venezuela an der Wiener Weltausstellung, Caracas, 1873.
22. Ernst, A., Die Produkte Venezuelas auf der internat. Ausstellung in Wien, 1874, Bremen 1879.
23. Esser, Die Giftpflanzen Deutschlands.
24. Flückiger, Pharmakognosie (1883, 1891), 224 ff.
25. Franke, H., Die pflanzlichen Gerbstoffe, Magdeburg.
26. Gana, V. G., In Philippine Journal of Science **11A** (1916), 261—265.
27. Grasser, G., Farbe und Dispersität der Gerbstoffe. Zeitschr. f. Leder- und Gerbereichemie **2** (1923), 227, 231.
28. Griffith, R. W., Journ. Amer. Leather Chem. Assoc. **16** (1921), 327—332.
29. Hampel, L., Gerbstoffuntersuchungen. Zentralbl. ges. Forstwirtschaft (1878), 298.
30. Hanausek, T. F., Die Gerbmaterialien Venezuelas. Zeitschr. allgem. österreich. Apotheker-Verein (1876).
31. Hanausek, T. F., Algarobilla. Zeitschr. allgem. österreich. Apotheker-Vereins (1879).
32. Hanausek, T. F., Die Nahrungs- und Genußmittel aus dem Pflanzenreich, Kassel, 1884.
33. Hanausek, T. F., Redoul. Pharmazeut. Post, 1892.
34. Hanausek, T. F., Lehrbuch der technischen Mikroskopie, Stuttgart 1901.
35. Hanausek, T. F., Über die Gummizellen der Tarihülsen. Ber. Bot. Ges. **20** (1902).
36. Hanausek, T. F., Katechu, Gambir, Kino. Lueger, Lexikon der ges. Technik **3** (1905).
37. Hanausek, T. F., Gerbmaterialien in Moeller, J. und Thoms, H., Realenzyklopädie der Pharmazie **5** (1905).
38. Hanausek, T. F., Gerbstoffe in Lueger, Lexikon der ges. Technik und ihrer Hilfswissenschaften, 2. Aufl. **4** (1906).
39. Hanausek, T. F., Sumach. Moeller, J. und Thoms, H., Realenzyklopädie der Pharmazie **9**.
40. Heckel und Schlagdenhauffen, Chem. Ztrbl. (1904), 808.
41. v. Heldreich, Th., Die Nutzpflanzen Griechenlands, Athen (1862), 16.
42. v. Hoehnel, Die Gerberrinden; ein monographischer Beitrag zur techn. Rohstofflehre, Berlin 1880.
43. v. Hoehnel, Sitzber. K. Akad. Wissensch. Wien (1884), 7—11.
44. Hooper, D., Agricult. Ledger. (1900), 49, in Beckurts Jahresber. **36**, 94.
45. Hooper, D., Pharmaz. Journ. (1903), 840.
46. Hooper, D., Beckurts Jahresber. **40** (1905), 56.
47. Jentsch, Fr., Der deutsche Eichenschälwald und seine Zukunft. Berlin 1899.
48. Jentsch, Fr., Untersuchung über die Verhältnisse des deutschen Eichenschälwaldes, Berlin 1906.
49. Karsten, Lehrbuch der Pharmakognosie, 1903.
50. Kerr, G., Journ. Amer. Leather Chem. Assoc. **16** (1921), 172 ff.
51. Kobert, R., Collegium (1915), 108 u. 321.
52. Koehler, Medizinalpflanzen.
53. Kotschy, Die Eichen Europas und des Orients, Wien 1859—1862.
54. Kraus, Grundlinien der Physiologie der Gerbstoffe, Leipzig 1889.
55. Kunz-Krause, Beitr. Kenntnis Pflanzenstoffe. Pharmaz. Zentralbl. 1898.
56. Kunz-Krause, Gerbsäuren, in Moeller, J. und Thoms, H., Realenzyklopädie der Pharmazie **5** (1905), 602 ff.
57. Lauffmann, Gerbereitechnische Rundschau **5**—8 (1914).
58. Lepetit, R., Gerbstoffextrakte in Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie **6** (1915), 121 ff.
59. Lewin, Über Areca Catechu. Stuttgart 1889.

60. Lewine, B. S., J. Amer. Leather Chem. Assoc. **17** (1922), 151 ff.
61. Liebert, F., Notiz über die Ursache der Gasentwicklung des Eichengerbextraktes. Collegium (1921), 76 ff.
62. Lloyd, Fr. E., J. Amer. Leather Chem. Assoc. **17** (1922), 430 ff.
63. Loewenthal, Ber. Verhandl. Kommission Feststellung eines einheitl. Verfahrens der Gerbstoffbestimmung, Cassel 1885.
64. Maiden, Amer. Journ. of Pharm. (1897) **1**; in Beckurts Jahresber. **32**, 150.
65. Maiden, Pharm. Journ. Trans. **21**, 27.
66. Mannich, K., Gummiarten aus Deutsch-Ostafrika. Tropenpflanzer **6**, 204.
67. Mannich, K., Notizbl. Kgl. Bot. Gartens und Museums, Berlin (1902), 171.
68. Meyen, Grundriß der Pflanzengeographie (1836), 444 ff.
69. Meyer, A., Wissenschaftl. Drogenkunde **2** (1892).
70. Mikosch, Katechugruppe in Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreichs **1** (1914), 604.
71. Miquel, Flora Indiae bataviae **2** (1855—1859) 146.
72. Moeller, J., Bericht über die Weltausstellung in Paris 1878, Wien 1879.
73. Moeller, J., Anatomie der Baumrinden, Berlin 1882.
74. Moeller, J., Lehrbuch der Pharmakognosie, 2. Aufl., Wien (1906), 408.
75. Muspratt, S., Technische Chemie, 4. Aufl. **3** (1891).
76. Nachrichten aus dem Reichsamt des Innern **22** (1910), nach Pharmakognostische Rundschau f. (1910), 198.
77. Neubrand, Die Gerberrinde mit besonderer Rücksicht auf die Eichenschälwirtschaft usw., Frankfurt a. M. 1868.
78. Paessler, J., Tropenpflanzer (1905), 531.
79. Paessler, J., Über eine neue Gambirsorte. Deutsche Gerberzeitung (1908), 272—274.
80. Paessler, J., Die Malletrinde als Gerbmittel, Tropenpflanzer **12**, 182.
81. Paessler, J., Die Untersuchung der pflanzlichen Gerbmittel, der Gerbstoffauszüge usw., in sechs Heften, Freiberg 1911—1913.
82. Paessler, J., Die Verfahren zur Untersuchung der pflanzlichen Gerbemittel (Selbstverlag) 1912.
83. Paessler, J., Die Gerbstoffe in Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie **6** (1915), 66 ff.
84. Paessler, J., Ledertechnische Rundschau (1916), 13.
85. Paessler, J., Über den Gerbstoffgehalt der Douglasrinde. Ledertechnische Rundschau **14** (1922), 73 ff.
86. Philipps, P. P., Katechu von Bombax malabaricum. Chem. Zentralbl. **2** (1911), 1753.
87. Piquet, Schweizer Wochenschr. Chem. Pharm. (1898) **30**; nach Tropenpflanzer **4**, 199.
88. Procter, Taschenbuch für Gerbereitechniker (1914), 51 ff.
89. Renner, H. und Moeller, W., Verfahren zur Erhöhung der Löslichkeit und zur Aufhellung natürl. pflanzl. Gerbstoffe.
90. Rupe, Die Chemie der natürl. Farbstoffe **2** (1909), 90.
91. Sakellario, Über die Kultur der Canaigre-Wurzel. Publikat K. K. Samenkontrollstation Wien No. 280.
92. Schaer, Ed., On a new Kino in species from Myristica. Pharmaz. Journ. 1896; Apotheker-Zeitung (1896), 757 ff.; Botan. Zentralblatt **3—4** (1897), 148.
93. Schaer, Ed., Tropenpflanzer **6**, 305.
94. Schaer, Ed., Ber. Pharmaz. Gesellsch. (1901), 303.
95. Schaer, Ed., Über einige Drogen Deutsch-Ostafrikas. Ber. deutsch. pharmaz. Gesellsch. **12** (1902), 204 ff.
96. Schaer, Ed., Beckurts Jahresber. **32**, 169.
97. Schlechter, R., Reisebericht, Guttapercha und Kautschukexpedition nach den Südseekolonien. Tropenpflanzer **5**, 321.
98. Schmiedeberg, Grundriß der Pharmakologie.
99. v. Schroeder, J., Methode zur Bewertung der Gerbmittel, Freiberg i. Sa. 1908.
100. Schulte, M. J., Die Bestimmung des Gerbstoffgehaltes von Arzneimitteln, Pharmaceutical Weekblad **59** (1922), 412 ff.
101. Schumann, K., *Rubiaceae*, in Englers natürlichen Pflanzenfamilien **4**, S. 5.
102. v. Seckendorff, Die forstlichen Verhältnisse Frankreichs, Berlin 1879 und 1898.
103. Semler, Trop. Agrikultur, 2. Aufl. (1900), 616 ff.
104. Smetkin, A., Die Wurzel des Radan, ein sibirisches Gerbmittel, Collegium (1924), 255 ff.
105. Solereder, System. Anatomie Dikotyledonen (1899), 502.
106. Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich (1922 und 1923), 118.
107. Stiasny, E., Gerbung und Gerbstoffe in Handwörterbuch der Naturwissenschaften **4** (1913), 961 ff.
108. Thoms, Über ein ostafrikanisches Kino aus Kilossa, in Notizbl. Kgl. Bot. Gartens und Museums Berlin (1898), 247.
109. Tichomirow, Pharmazeut. Ztg. f. Kurland (1894), 257 ff.
110. Tschirch, Katechu in Moeller, J. und Thoms, H., Realenzyklopädie der Pharmazie **3** (1904), 417 ff.
111. Tschirch, Handbuch der Pharmakognosie **3**, 1. Abtlg. (1923).
112. Villeneuve, Etude sur le Redoul, Thèse, Montpellier 1893.
113. Vogl, A., „Der Gerber", 1878.
114. Vogl, A., Gerbmaterial in Karmarsch und Heerens techn. Wörterbuch **3** Prag 1878.
115. Vogl, A., Kommentar, Berlin, **2** (1892), 223.
116. Wehmer, Pflanzenstoffe, 1911.
117. Wessely, Niederösterreich. Eichenrinden in Allgem. Land- und Forstwirtsch.-Ztg. **17** und **18** (1860).
118. White, Journ. of a voyage to New South Wales (1790), 231.
119. Wiener, Die Lohgerberei, Wien, 1890.
120. v. Wiesner, J., Untersuchungen über die Sorten des Eukalyptuskino. Zeitschr. allgem. österr. Apothekervereins. **19** (1871).
121. v. Wiesner, J., Rohstoffe des Pflanzenreichs. 1. Aufl., S. 188. **1** (1914), 604 ff.

122a. Zörnig, Arzneidrogen, 1909 und 1911.
122b. Bancroft, Neues engl. Färbebuch. Deutsch von Büchner, Dingler und Kurrer, Nürnberg 1817—1818.
123. Gayer, Forstbenutzung, 587.
124. Exp. univ. de 1873 à Vienne, Algérie. Paris 1873.
125. Katalog der Holzsammlung des Apoth.-Vereins in Wien (1866), 23.
126. Bautsch, Beschreibung der Lohgerberei, Dresden 1793.
127. v. Wehrs, Über Eichenlohsurrogate und Schnellgerberei, Hannover 1810.
128. Zeitschrift des Petersburger Forstvereins 1879.
129. Ztrbl. für das gesamte Forstwesen (1879), 329.
130. Rosenthal, Synopsis.
131. Bernardin, Visite à l'exp. de Vienne, 1873.
132. Sammlung der Versuchsstation für Gerberei in Wien.
133. Pharm. Journ. and Transact. (1887), 609, 866.
134. Miquel, Flora v. Nederl. Indië III, I.
135. Americ. Journ. of Pharmac. (1883), 466.
136. Cat. des Colon. franç. 1867, 1873.
137. Duchesne, Rep. des plantes utiles usw.
138. Chem. News 1896.
139. Werekha, S. P. N., Notice sur les forêts et leurs produits. St. Petersburg 1873.
140. Pallas, Flora rossica **1**, 2.
141. Hartig, Th., Vollständ. Naturgeschichte der forstlichen Kulturgewächse Deutschlands, S. 364.
142. Wessely, Forstliches Jahrbuch für Österreich-Ungarn, I, Wien 1880.
143. Wagner, R., In Dinglers Polytechn. Journ., CLXXXIII (1867).
144. Czapek, Biochemie 1905, **II**, 584.
145. Apothekerzeitung 1895, S. 878.
146. Americ. Journ. Pharmac. **69** (1897), No. 8.
147. Böhmer, Techn. Geschichte der Pflanzen, **2** (1794).
148. Henkel. Naturprodukte und Industrieerzeugnisse im Welthandel **I**, 348.
149. Wessely, Offiz. österr. Ber. usw. V, 448.
150. Der Gerber (1877, 1878, 1879 und 1893).
151. Bernardin, Classificat de 280 mat. tamantes Gaud 1872; Suppl. de la Classif. usw.
152. Hesse, Ann. d. Ch. u. Pharm. 1896.
153. Thunbergs Reisen **I**, T. II.
154. Lloyd, Pharm. Rundschau 1886.
155. Offiz. österreich. Bericht. Weltausstellung 1867, V.
156. Weltausstellungsbericht 1878, VIII.
157. Hahn, Astring-Rinden der Dorparter Sammlung 1892.
158. Busse, W., Ber. pharm. Ges. (1901), **X** B, 413 u. 424.
159. Pässler, Kollegium 1906.
160. Wilbuszewitz, Pharmaz. Zeitschrift f. Rußland 1886. Ber. Chem. Ges. (1886), **19**, 349.
161. Heermeyer in Christy, New-commercial Drugs 1887.
162. Engler, A., Pflanzenwelt Ostafrikas. Teil B, XI, 407 ff.
163. Loureiro, Flora cochin. I.
164. Roxburgh, Flora indica **II**, 349.
165. Eitner, W., Gerbstoffexkurse.
166. Councler, Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen **16**, 1884.
167. Beckmann, Anleitung zur Technologie, 7. Aufl., II, 1823.
168. Bertheraud, Zeitschrift österr. Apoth.-Ver. **42**, 1888.
169. Thuau, Kollegium 1908.
170. Heckel u. Schlagdenhauffen, Journ. Pharmac. **5** (1892), 26. Bd.
171. Lindley, Vegetale Kingdom.
172. Michaux, Hist. des Arbres forestièrs **III**.
173. Pallas, Flora rossica **I**, 2.
174. Guttenberg, Beiträge zur Kenntnis der in Südösterreich einheimischen Holzarten. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1877.
175. Mafat, Pharmac. Journ. 1892.
176. Hansen, Die Quebrachorinde. Berlin 1880.
177. Ernst, Bot. Ztg. (1872), 510.
178. Böttinger-Strohmer in Ber. Wiener Akad. Monatshefte für Chemie **2** (1881).
179. Etti in Ber. Wiener Akad. Monatshefte für Chemie 1888.
180. Aschoff, Archiv f. Pharmaz. (2) **40**.
181. Thümen, Die Hemlocktanne u. ihre Rinde. Der Gerber 1885.
182. Böttinger, Ber. Chem. Ges. **17** (1884).
183. Hartig, Th., Forstl. Kulturpflanzen 1851.
184. v. Hoehnel, Über den Kork u. verkorkte Gewebe überhaupt in Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien 1877.
185. Wheeler, Pharm. Journ. 1899.
186. Reichardt, Pharm. Zentralhalle 40 (1899), Nr. 39.
187. Gauthier, Analyse de l'épiderme du Bouleau 1827. Journ. de Pharmacie **13**.
188. Eitner, Erlenrinde als Gerbmaterial. Der Gerber 1878.
189. Danhelofsky, A., Die forstliche Produktion Slavoniens u. Kroatiens 1877/78.
190. Dreikorn u. Reichardt in Dinglers Polyt. Journ. **195** (1870).
191. Österreich. Monatsschrift für Forstwesen **18** (1868) (Festgabe für die Mitglieder der 26. Versammlung dtsch. Land- u. Forstwirte. Wien 1868).
192. Gayer, Forstbenutzung.
193. Hempel u. Wilhelm, Bäume u. Sträucher. Wien, **11** u. **12**.
194. Kirwan, Notice sur l'industrie des écorces à tan 1878.
195. Wohmann, Neubauer, Lotichius, Bericht über die Schälung der Eichenrinde zu jeder Jahreszeit, nach dem Verfahren von J. Maitre. Wiesbaden 1873.
196. Oser, J., Über die Gerbsäuren der Eichen. In Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien **71**, 2. Abt. 1875.
197. Die Garouille ein Gerbmaterial. Ztrbl f. d gesamte Forstwesen 1878.
198. Rousset, A., Recherche expérim. sur les écorces à tan du chêne, yeuse etc. Paris 1878.
199. Reuter, Die Kultur der Eiche und Weide 1867.
200. Jowett u. Potter im Pharmaz. Journal **15** (1892).
201. Jakoby, Beitr. z. Chemie der Eichen-, Weiden- u. Ulmenrinden. Dorpat 1890.

202. Die Gerbmaterialien Indiens. Der Gerber 1893.
203. Trimble, Contrib. Botan. Laborat. Univers. Pennsylv. **1** (1892).
204. Bolley, Journ. f. prakt. Chemie **93** (1864).
205. Krieger, M., Neu-Guinea.
206. Paessler, Der Ledermarkt Nr. 39 (1905).
207. Mann u. Caules, J. Soc. Chem. Ind. **25** (1906).
208. Strauss u. Gschwendner, Ztschr. für angew. Chemie **19** (1906).
209. Denker, Arch. néerl. scienc. exs. nat. **14** (1909).
210. Bernardin. M., in Melle-lez-Paud (1871—80). Classification de 350 matières tannantes 1880. Mit 2 Nachträgen.
211. Christy, Th., New commercial Plants. Nr. **5**: Tanning materials. London 1882.
212. Müller, v., F., Außertropische Pflanzen 1883.
213. Geiger, Pharmaz. Botanik. 2. Aufl. Neu bearb. von Nees v. Esenbeck u. Dierbach. Heidelberg 1839. — Suppl. 1843.
214. Hartwich, Ztschr. des allg. Öst.-Ap.-V. 1896.
215. Maisch, A manual of organic mater. medic. **V**. Philadelphia 1892.
216. Powarnin, G. u. Ssekretow, A., Journ. Russ. Phys. Chem. Ges. 1910.
217. Mérat et Lens, Dictionaire univers. de matière médicale etc. Paris 1829.
218. Netolitzky, F., Gerbeblätter als typische Fälschungsmittel. Arch. f. Chemie u. Mikrosk. Heft 3. 1913.
219. Siewert, Tannning materials of South America. Pharm. Journ. and Transact 1878, p. 548.
220. Perkin u. Wood, Chem. Centralblatt **I** (1898), 1300.
221. Ascherson, Realenzyklopädie, 2. Aufl., **IV** (1882), 14.
222. Pharmakognostische Rundschau in Pharm. Post (1912), 1081.
223. Watt, Diction. econ. prod. Ind. **VI**, 4 (1893), 20.
224. Heiden, Bot. Zentralbl. **56** (1893), 66 ff. u. 163 ff.
225. Öttinger, C., Neuere Gerbmaterialien. Leipzig-Wien 1914.
226. Hoehnel, v., F., Dinglers Polytechn. Journ. **240**, 1881.
227. Moeller, J., Dinglers Polytechn. Journ. **230**, 845.
228. Ernst, A., Die Pflanzen von Los Roques. Botan. Ztg. (1877), 540.
229. Bocquillon, Nouv. Remed. 1912.
230. Tschirch, Indische Heil- u. Nutzpflanzen. Berlin 1892.
231. Klemp, G., D. Gerberzeitung **108** u. **110** (1895).
232. Tropenpflanzer **17** (1913), S. 628.
233. Trimble, Amer. Journ. of Pharm. **69**. No. 12 (1897).
234. Wettstein, Handwörterbuch d. Pharmakognosie.
235. Andreasch, F., Sizilian. Sumach und seine Verfälschungen. Gerber (1898) u. Zeitschrift für angew. Chemie (1898), 1154.
236. Collins, Des Sumacs et de leurs succédanés. Journ. de Pharm. et de Chem. **XXV**, 6. sér. (1907), 603 ff.
237. Netolitzky, F., Anatomie der Dikotyledonenblätter **II** (1908), 171 ff.
238. Veitch, F. P., Commercial Sicilian Sumac including notes on the microscop. examin. of Sicilian sumac and its adulterants. Bull. **17**. U. S. Dep. of Agric. Bur. of Chemistry. Washington 1908.
239. Stenhouse, Ann. der Chem. u. Pharm. **11**, 328. Dinglers Polytechn. Journ. **165**, 150.
240. Löwe, Zeitschr. f. analyt. Chemie **12**, 128.
241. Gintl (Karmarsch-Heeren), Techn. Wörterbuch, 3. Aufl., **VIII**, 689.
242. Perkin u. Hummel, The Chemical News. Vol. **74**, No. 1919 (1896), 220.
243. Netolitzky, Sumachblätter als Fälschungsmittel für Pfefferpulver. Arch. f. Chemie u. Mikrosk. **I** (1908), 239 u. 242.
244. Morpurgo-Netolitzky, Arch. f. Chem. u. Mikrosk. (1913), 150 u. ff.
245. Collin, Bull. des Cuirs et Peaux de France **9** (1907), 458.
246. Schimmel & Co., Ber. (1910), April 89 u. (1913), April 84.
247. Plinius, Naturg., 24. Buch, Kap. 54.
248. Martiny, Enzyklopädie der med.-pharm. Materialien- u. Rohwarenkunde **I** (1843), 724.
249. Baillon, Sur un nouvel usage du Redoul. Bull. mens. de la Société Linnéenne de Paris (1880), 236.
250. Nestler, Arch. f. Chemie u. Mikrosk. (1913), 9 ff.
251. Pagès, Vergiftung durch die Blätter von Cor. myrt. Bull. de Pharm. de Sud-Est, 29 (Apothek.-Ztg. 1910).
252. Böhmer, Technische Geschichte der Pflanzen **II** (1794), 224, 299 u. 410.
253. Du Hamel, Abres **I**, 130.
254. Pechuel-Lösche, Humboldt (1886), **V**, 37.
255. Huswick, H., Amer. Apoth.-Ztg. **12**, 1884.
256. Jahresber. d. chem. Technologie (1871), 389.
257. Bolley, Technologie der Spinnfasern 185.
258. Tunmann, Apoth.-Ztg. (1914), 41.
259. Paessler, Leder in Luegers Lexikon d. ges. Techn., 2. Aufl., **VI**, 102.
260. Paessler, Lederfärberei in Luegers Lexikon d. ges. Techn., 2. Aufl., **VI**, 111 u. Tropenpfl. **17** (1913), 465.
261. Kew Bulletin **132**, 1897.
262. v. Wiesner, Offiz. österr. Ausstellungsberichte **V**, 345.
263. Hanausek, T. F., Über ein neues Vorkommen der „Inklusen" in dem Blatte von *Pistacia lentiscus* L. nebst Bemerk. üb. d. anat. Bau dieses Blattes. Ber. Bot. Ges. (1914).
264. Briquet, Anatomie comp. de la feuille chez les *Pistacia lentiscus* L. Bull. de l'Herbier Boissier, Sér. **2**, T. 1 (1901), 1301 ff.
265. v. Guttenberg, Anatom.-physiol. Unters. üb. d. immergrüne Laubblatt der Mediterranflora. Bot. Jahrb. f. System. usw. **XXXVIII** (1907), 425.

266. Tropenpflanzer **18** (1915), 644.
267. Tunmann, Pflanzenmikrochemie 381 u. Apoth.-Ztg. (1913).
268. Joachimovitz, M., Ein neues Reagens auf Phlorogluzin, Katechin u. ihre Derivate usw. Biochem. Zeitschr. **82** (1917), 324 ff.
269. Eitner, Canaigre, ein neues Gerbmaterial. Der Gerber **401** (1891) u. XIX (1893), **451** u. **452**.
270. Ascherson u. Graebner, Synopsis d. mitteleurop. Flora **IV**.
271. Andreis, F., Il Canaigre, Raccolta di Studi e Memorie. Torino 1897.
272. Sakellario, D., Über die Kultur der Canaigrewurzel. Publikat. der K. K. Samenkontrollstation in Wien, Nr. **280**.
273. Klinger u. Bujard, Zeitschr. für angew. Chemie 1891.
274. Zimmermann, Ztrbl. f. d. Zuckerindustrie Nr. **20**, 1905.
275. Richardson, M., Amer. Journ. of Pharm. 1886, ref. in Pharm. Ztg. Nr. **49**, 1886.
276. Anonymus, Neue Drogen. Chem. Ztg. Nr. **11**. 1895.
277. Tauchnitz, Handwörterbuch der neugriechischen u. deutschen Sprache 1841.
278. Heldreich, Die Nutzpflanzen Griechenlands. S. 16.
279. Beckmann, Vorber. zur Warenkunde. Göttingen (1794), **III**, 294, 385, 390.
280. Prantl in Engler-Prantl, Pflanzenfamilien **III**, 1, S. 57.
281. Mendel, H., Valonea-Typen, Triest 1877.
282. Eitner, W., Einiges über Valonea im allgemeinen. Der Gerber Nr. **72** (1877).
283. Eitner, W., Zur Valoneafrage. Der Gerber Nr. **36** (1876).
284. Jahn, H., Notiz über einige griechische Gerbmaterialien. Ber. Chem. Ges. (1878), 2107.
285. Bodenstab, H., Die wichtigsten Gerbstoffpflanzen der deutsch-afrikanischen Schutzgebiete. Tropenpflanzer **17** (1913), 465 ff.
286. Der Gerber (1895), 61.
287. Mitlacher, Die Fruchthüllen der Eichel usw. Ztschr. d. allg. öst. Apoth.-Ver. 1901 u. Österr. Jahreshefte f. Pharmazie **2** (1901), 1 ff.
288. Moeller, Knoppern u. Valonea. Chem. Ztg. Nr. **73** (1901).
289. Unger, Bot. Streifzüge auf dem Gebiete der Kulturgeschichte. Sitzber. d. Wiener Akademie.
290. Apéry, P., Les Myrobalans. Remède héroique etc. Paris 1887.
291. Tropenpflanzer (1909), 470 u. Kew Bull. (1909), 209 ff.
292. Turner, T. E. C., Note on Terminalia Chebula and its fruit the Myrobalam of Commerce. Indian Forester **XXXIII** (1907), 362 ff.
293. Hennig, Pharm. Zentralhalle (1869), 370.
294. Günther, Dissert., Dorpat (1871). Z. analyt. Chem. **X**, 359.
295. Zölffel, Über die Gerbstoffe der Algarobilla u. der Myrobalanen. Archiv d. Pharmaz. **229** (1891), Heft 2, 123 ff.
296. Loewe, Zeitschr. f. analyt. Chemie **XIV**, 35.
297. Fridolin, Dissert., Dorpat 1884. Pharmaz. Zeitschr. f. Rußland Nr. **34** (1884).
298. Braemer, L., Les Tannoïdes usw., S. 66 (Toulouse 1891).
299. Thoms, Über die Chebulinsäure. Apoth. Ztg. (1906), 354.
300. v. Schröter, Dinglers Polytechn. Journ. **75** (1894), 213.
301. Schweinfurth, Linnaea 1867.
302. Martius, Pharmakognosie, S. 246.
303. Paessler, Die Lederindustrie Nr. **259** (1911).
304. Guibourt, Histoire naturelle des drogues simples **IV**, Tom. III, 361.
305. Tropenpflanzer (1909), 537 u. S. 444.
306. Roxburgh, Flora indica, **II**, 58.
307. Bentham, Notes on Mimoseae; in Hookers Journ. of Bot. **I**, 494 ff. u. Mimoseae 506.
308. Dammer, U., Deutsch-Ostafr. Engler **V** (1895), Gerbstoffe S. 407.
309. Greshoff, M., Ind. nuttige planten. Nr. **34**. A. Farnesiana, Ind. Mercuur Nr. **13** (1897).
310. Tropenpflanzer **17** (1913), 628 ff.
311. Hartwich in Realenzyklopädie der ges. Pharm. **III**, 516.
312. Chappe d'Autoroche, Voyage en Californie. Paris 1772, **IV**, 57.
313. Breyn, Jak., Exoticarum plantarum centuria **I**. Danzig (1678), Tab. 56, Fig. 5.
314. Jacquin, Select. stirp. americ. hist., 175.
315. Bancroft, Untersuchungen über die Natur der beständigen Farben **II**, p. 604.
316. Bull. Imp. Instit. (1904), **II**, 92.
317. Barth, L., u. Goldschmidt, G., Über die Reduktion der Ellagsäure durch Zinkstaub. Ber. Chem. Ges. (1880), 846.
318. Zölffel, G., Über die Ellagsäure u. Ellaggerbsäure. Arch. Pharm. **229** (1891), 123 ff.
319. Procter, Leitfaden d. gerbereichemischen Unters. (1901), 88.
320. Stiasny in Gerber (1905), 187.
321. Philp, Kollegium (1909), 249.
322. Feuillée, Beschreib. d. Arzneipf. des mittätigen Amerika. Nürnberg (1756), S. 56, T. 39.
323. Rottler, Botan. Bemerk. a. d. Hin- u. Rückreise v. Trankebar nach Madras. Der Gesellsch. naturf. Freunde Neue Schr. Berlin (1803), 200, Tab. III.
324. Drude, Pflanzenfamilien **II**, 3, S. 30.
325. Hartwich, Neue Arzneidrogen, 27 (unter Acacia digyna?).
326. Hooker, Flora of British India **II** (1879), 256.
327. Hanausek, T. F., Über die Gummizellen der Tarihülsen. Bericht Bot. Ges., **XX** (1902), 77.
328. Godeffroy, Z. allg. österr. Apoth.-Ver. (1879), 132.
329. Fol, Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1879.
330. Hartwich, Arch. d. Pharm. **CCXVI** (1880), 281 ff.
331. Arnaudon, Monit. scient. (1893), 107. — Chem. Ztg. (1894), 1241.
332. Ascherson, Sitzber. d. bot. Ver. d. Prov Brandenburg (1879), 15.

W. v. Brehmer.

III. Literaturverzeichnis des chemischen Teils.

333. Freudenberg, K., Chemie der natürlichen Gerbstoffe. Berlin 1920 (siehe hier weitere Literatur).
334. Dekker, J., Die Gerbstoffe. Berlin 1913 (hier findet sich eine nach Jahren geordnete ausgezeichnete Literaturaufzählung von 1754—1913).
335. Gnamm, H.. Die Gerbstoffe und Gerbmittel. Stuttgart (1925).
336. Kunz-Krause, Pharm. Zentralbl. 1898.
337. Hlasiwetz, Wien. Akad. Berichte **55**, 2.
338. Rosenheim u. Schürdowitz, Journ. Chem. Soc. **77**, 882.
339. Iljin, F., Ber. Chem. Ges. **42** (1909).
340. Walden, P., Ber. Chem. Ges. **31** (1898) und F. Iljin, ebenda **42** (1909).
341. Abderhalden, Bioch. Handlexikon, Bd. 7, Berlin (1912) (siehe dort weitere Literatur).
342. Dekker, Ber. Chem. Ges. **39** (1906).
343. Stiasny, „Der Gerber" (1905). Die Unterscheidung und Prüfung der Gerbstoffauszüge. Ledertechnische Rundschau 1914, Nr. 5—8.
344. Vogel u. Schüller, Kollegium. Ledertechnische Rundschau (1923), Nr. 2.
345. Stiasny u. Wilkinson, Qualitative Reaktionen der vegetabilischen Gerbstoffe. Kollegium (1911).
346. Procter, Taschenbuch der Gerbereichemiker.
347. Paessler, Kollegium (1906).
348. Schneider u. Seiwerth, Kollegium (1911).
349. Eitner u. Meerkatz, Der Gerber (1885).
350. Laufmann, Unterscheidung und Prüfung der Gerbstoffauszüge.
351. Zsigmondi, Kolloidchemie. Leipzig 1918.
352. Procter-Blokey, Journ. Soc. chem. Ind. (1903); Gnamm, Die Gerbstoffe und Gerbmittel (1925), 63, siehe dort weitere Literatur.
353. Vanicek, Z. angew. Chem. **26**.
354. Schultz u. Blackadder, Journ. Am. Leath. Chem. Ass. (1920).
355. Wilson, A. u. Kern, J., Journ. Am. Leath. Chem. Assoc. (1905).
356. Lewi u. Orthmann, Note on the Analysis of Tannin IV. Journ. Am. Leath. Chem. Assoc. (1913, 1917).
357. Laufmann, Kollegium (1918) (Sing u. Ghose).
358. Fernbach, C. R. **131** (1900).
359. Lautermann, Ann. Chem. **120** (1862).
360. Barth u. Sennhofer, Ann. Chem. **164** (1873).
361. Barth, Ann. Chem. **142** (1867).
362. Grüttner, Arch. Pharm. **236** (1898).
363. Oesterle, A., Grundriß der Pharmakochemie. Berlin (1909).
364. Robiquet, Ann. Chem. **19** (1835).
365. Chevreul, Ann. Chim. Phys. **9** (1818), 329.
Braconnot, ebenda **9**, 181.
366. Strohmer, Monatshefte für Chemie **2** (1881).
367. Perkin u. Nierenstein, Chem. Ztrbl. (1905), II.
368. Heinemann, D. R. P. 137033 u. 137034.
369. Sisley, Bull. Soc. Chim. (4) **5** (1909).
370. Merklin u. Wöhler, Ann. Chem. **55** (1845).
371. Graebe, Ber. Chem. Ges. **36** (1903).
372. Herzig u. Pollak, Monatsh. f. Chemie **29** (1908).
373. Perkin u. Nierenstein, Journ. Chem. Soc. **87** (1905); A. G. Perkin u. F. M. Perkin, Proc. Chem. Soc. **21** (1905); **22** (1906).
374. Eykmann, Ber. Chem. Ges. **18**, Ref. 281, 1885.
375. Czapek, Biochemie der Pflanzen 1.
376. Miller, Ann. Chem. **220** (1883).
377. D. R. P. 81298 der Firma Schering, Chem. Fabr. auf Aktien.
378. Ber. Chem. Ges. **51** (1918).
379. Braconnot, H., Ann. Chem. Pharm. **46** (1831); Journ. Chem. Phys. **62** (1831).
380. Stenhouse, Ann. Chem. Pharm. **45** (1845).
381. Caseneuve, P., C. R. **114** (1892).
382. Paessler, „Gerbmittel" aus Thoms Handbuch der Pharmazie 1925.
383. Gordon Parker und F. Leech, Soc. Chem. Ind. J. **22** (1904). Chem. Ztrbl. (1904).
384. Günther, N., Beiträge zur Kenntnis der Gerbstoffe, Dissertation Dorpat 1871.
385. Loewe, Ann. Chem. (1875).
386. Fridolin, Pharm. Zeitschr., Rußl. (1884).
387. Nierenstein, Chem. Ztrbl. (1905). Kollegium 1905.
388. Nass, P., Über den Gerbstoff der Castanea vesca, Diss. Dorpat (1884).
389. Trimble, A., Amer. Journ. Pharm. (1894).
390. Nasse, Ber. Chem. Ges. **17** (1884).
391. Dakin, Amer. Chem. Journ. **42** (1909).
392. Hartmann u. Gattermann. Ber. Chem. Ges. **25** (1892).
393. Baeyer, Ber. Chem. Ges. 8 (1875).
394. Weinland u. Binder, Chem. Ztrbl. (1912).
395. Silbermann u. Ozorowitz, Chem. Ztrbl. (1908).
396. Fresenius, Z. f. analyt. Chem. **12** (1873).
397. Fresenius, Z. f. angew. Chem. **19** (1906).
398. Naninga, Meededeelingen s'lands Plantentuin **46** (Batavia 1901).
399. Hlasiwetz, Ann. Chem. **142** (1867).
400. Strauss u. Gschwendner, Kollegium (1906).
401. Dekker, Beiträge zur Kenntnis einiger Gerbstoffe. Kollegium (1906).
402. Deuß, Recueil d. trav. chim. de Pays-Bas **42**, 1923; Chem. Ztrbl. 1923, III.
403. Benett, Journ. Amer. Leath. Chem. Assoc. **10**, 1914 und **5** (1915).
404. Günther, Dissert., Dorpat 1871. Beiträge zur Kenntnis der im Sumach, den Myrobalanen und in der Dividivi vorkommenden Gerbsäuren.

405. Zöffel, Arch. Pharm. 1891.
406. Nierenstein, Kollegium 1909.
407. Nierenstein, Chem. Ztrbl. 1910.
408. Procter, Leather Ind. Labor. Book 1908.
409. Fridolin, Diss., Dorpat 1884.
410. Eitner, Der Gerber 1902.
411. Rembold, Ann. Chem. **143** (1867).
412. Culley, The tannin of Punica granatum. Americ. Journ. Pharm. (1894).
413. Alpers, Arch. Pharm. **244** (1906).
414. Fridolin, Vgl. Untersuchungen über die Gerbstoffe von Nymphaeaceen. Pharm. Ztschr. Rußl. (1884).
415. Grüning, Chemie der Nymphaeaceae. Arch. der Pharm. **29** (1882).
416. Ber. d. Chem. Ges. **54** (1921), 1695.
417. Paessler, Rinde und Holz der Edelkastanie. Kollegium 1917, S. 130.
418. Paessler, Fichtenrinde. Kollegium 1917, S. 59.
419. Paessler, Eichenholz und Eichenholzauszug. Kollegium 1919, S. 313.
420. Johanson, E., Beiträge zur Chemie der Eichen-, Weiden- und Ulmenrinde. Diss., Dorpat 1875.
421. Loewe, Die Gerbsäure der Eichenrinde. Ann. Chem. 1881.
422. Etti, Die Gerbsäure der Eichenrinde. Wien. Akad. Bericht **81** (1880); **88** (1883); Zur Chemie der Gerbsäuren. Monatsh. f. Chemie **10** (1889).
423. Böttinger, Über Phlobaphene, Eichenrot usw. Ann. der Chem. und Pharm. **202** (1880); Der Zucker der Eichenrindengerbsäure. Ber. Chem. Ges. (1881); Zur Geschichte der Eichenrindengerbsäure. Ber. Chem. Ges. **16** (1883); Arch. Pharm. (1883); Arch. Pharm. (1884); Arch. Pharm. **238** und **240**, 1887; Ann. Chem. und Pharm. **258** u. **259** (1890); Ann. Chem. Pharm. (1891).
424. Trimble, Die Darstellung von Eichengerbstoffen. Amer. Journ. Chem. Soc. **15** (1893); Four oak barks from India. Am. Journ. Pharm. 1894; On the tannic acid of oakbark. Pharm. Rundschau 1893.
425. Freudenberg und Vollbrecht, Der Gerbstoff der einheimischen Eichen. Ann. Chem. **429** (1922). Kollegium (1923).
426. Eitner, W., Über Katechu und Gambir. Der Gerber 1909.
427. Berzelius, Pogg. Annal. **10** (1827); Berzelius Jahrbücher (1828).
428. Ridenour, Chem. Ztrbl. (1904); Journ. Frankl. Institut **156** (1904).
429. Loewe, Catechusäure und Catechugerbsäure. Ann. Chem. 1874.
430. Wankenroder, Ann. Chem. **31** (1839), **37** (1841).
431. Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreichs (1891).
432. Maiden und Smith, Proc. Royal. Soc. N.S.W. 1895. Americ. Journ. Pharm. **67** (1895).
433. Caseneuve, Ber. Chem. Ges. **8** (1875).
434. Purrmann, Kollegium 1922.
435. Peckolt, Über Guarana. Wien. Akad. Berichte **54** (1866).
436. Greene, On the tannic acid of Guarana. Americ. Journ. Pharm. **49** (1877).
437. Kirmsse, Arch. Pharm. **236** (1898).
438. Böhme, O., Kollegium (1922).
439. Goris und Fluteaux, Bull. Scienc. pharmacol. **17** (1910).
440. Tschirch und Heuberger, Schweiz. Wochenschrift f. Chemie und Pharm. (1902). Tschirch, Handbuch der Pharmakognosie (1922).
441. Runge, Materien zur Physiologie, 1821.
442. Nees van Esenbeck, Catechu. Büchners Repert. **33** (1829).
443. Delffs, Jahrbuch d. prakt. Pharm., **12** (1848).
444. Loewe, Über die Darstellung der Katechusäure. Journ. prakt. Chem. **105** (1868). Loewe, Bestandteile des Katechus, ebenda.
445. Freudenberg, Ber. Chem. Ges. 1919, 1920, 1921 u. 1922.
446. Kostanecki, Ber. Chem. Ges. **39**.
447. Freudenberg, Böhme und Purrmann. Ber. Chem. Ges. **54** (1921).
448. Pollak, L., Über Gerbstoffe, Gerbstoffextrakte und deren Technologie. Kollegium (1912).
449. Jablonski und Einbeck, Beitrag zur Kenntnis des Quebrachos. Ledertechnische Rundschau (1921) u. Kollegium (1921).
450. Arata, P. N., Estudio sobre la Goma del Quebracho colorado. Ann. Socied. Cientif. Argentina (1878). Journ. Chem. Soc. of London **40** (1881).
451. Nierenstein, Zur Kenntnis des Quebrachogerbstoffes. Kollegium (1905).
452. Smaic und Wladika, Kollegium (1921).
453. Kawalier, Wiener Akad. Berichte **11** (1853), 344.
454. Böttinger, Ber. Chem. Ges. (1884); a) Arch. Pharm. 1884.
455. Rochleder, Der Gerbstoff der Nadeln von *Albies pectinata*. Wiener akad. Berichte, **58**/II (1868).
456. Stenhouse, Mem. Chem. Soc. I, **27**; Proceed. Royal. Soc. Lond., **11** (1861).
457. Nierenstein, Journ. Chem. Soc. (1919), 115.
458. Paessler, Ledertechn. Rundschau (1922), Nr. 10.
459. Powarnin und Schurawlew, Kollegium (1913).
460. Votecek und Köhler, Chemiké Listy 1914. Ref. Kollegium 1914.
461. Sonne und Kutscher, Z. angew. Chem. 1889.
462. Appelius, Kollegium 1914.
463. Gasser, Chem. Untersuchungen über die Stoffe der Birke. Kollegium 1911.
464. Dreikorn und Reichardt, Über die chemische Konstitution des Erlengerbstoffes. Dinglers Polytechnisches Journal **195** (1870) u. Arch. Pharm. **142** (1870).
465. Ferrein, Pharm. Vierteljahresschr. (1859).
466. Gansser und Jettmar, Taschenbuch, S. 87.
467. Richardson, Am. Journ. Pharm. (1886).

468. Trimble und Jones, Amer. Journ. Pharm. (1886); Trimble und Peacock, Amer. Journ. Pharm. (1893).
469. Arata, Annal. scient. Argent., **10** (1881).
470. Wilbuszewic, Pharm. Zeitschrift **52** (1886).
471. Grabowsky (1867), Über Ratanhiagerbsäure. Ann. Chem. Pharm. **142** (1867).
472. Raabe (1880), Über Ratanhiagerbsäure. Pharm. Zeitschr. Rußl. **19** (1880).
473. Ohmeyer (1893), Beiträge zur Kenntnis der chem. Bestandteile der Ratanhia-Wurzel. Dissert. Leipzig 1893.
474. Moeller, W., Kollegium (1918).
475. Perkin, Journ. Chem. Soc. **71**.
476. Rochleder, Untersuchungen des Gerbstoffes der Roßkastanie. Wien. Akad. Ber. **54** (1866); **55** (1867); **56** (1867); **57** (1868).
477. Coombs und Alcock, The Leather World 1912.
478. Drabbe und Nierenstein, A note on West African Mangroves. Kollegium (1907).
479. Paessler, Über Malettrinde, Der Ledermarkt 1905; Deutsche Gerberzeitung 1905.
480. Pelletier und Caventou, Analyse chimique des Quinquina. Paris 1821.
481. Wien. Akad. Berichte 8 (1852).
482. Schütt, Zur chem. Charakteristik der Bestandteile d. Chinarinde. Diss. München 1900.
483. Rembold, Wien. Akad. Berichte **55** (1867).
484. Nierenstein, Ber. Chem. Ges. **40** (1907); **41** (1908); **42** (1909).
485. Feist, K., Chemiker Ztg. **32** (1908).
486. Fischer, E., Ber. Chem. Ges. **52** (1919).
487. Fischer u. Hoesch, K., Lieb. Ann. **391** (1912).
488. Fischer u. Freudenberg, Ber. Chem. Ges. **46** (1913).
489. Karrer, P., Salomon u. Peyer, Helv. Chim. Acta **6** (1923).
490. Herzig, J., Ber. Chem. Ges. **56** (1923).
491. Procter-Paessler, Gerbereichem. Unters. (1901).

E. Konstanty.

Gallen.

(W. Figdor.)

A. Allgemeiner Teil.

I. Begriffsbestimmung.

Als Gallen (*Cecidien*) sind „alle diejenigen durch einen fremden Organismus veranlaßten Bildungsabweichungen zu bezeichnen, welche eine Wachstumsreaktion der Pflanze auf die von dem fremden Organismus ausgehenden Reize darstellen, und zu welchen die fremden Organismen in irgendwelchen ernährungsphysiologischen Beziehungen stehen“ (1). Diese Neubildungen stellen verhältnismäßig oft einen kompliziert gebauten Körper dar.

Viele Gallen zeichnen sich durch einen großen Gehalt an Gerbstoff aus. Manche derartige Gallen benutzt man seit langem in der Technik zum Gerben, Färben, zur Erzeugung von Tinte, in der Pharmazie zur Reindarstellung der Gallusgerbsäure (Galläpfelgerbsäure, Tannin) usw.

II. Geschichtliches.

Die frühesten Angaben über eine technische Verwendung der Gallen (Bereitung von Tinte mit Hilfe von Eisensalzen) rühren von den alten Ägyptern her. Zur Zeit der römischen Weltherrschaft läßt sich bis in das 4. und 5. Jahrhundert v. Chr. Geb. zurück die Benützung kleinasiatischer und griechischer Galläpfel für technische und auch medizinische Zwecke nachweisen (in Griechenland durch Hippokrates und Theophrastus). Nach Plinius, der schon die Tamariskengallen erwähnt, wird mit Galläpfelextrakt getränkter Papyrus zum Nachweis der Verfälschung des Ärugo (Grünspans) durch Eisenvitriol angewendet, als erste uns überlieferte chemische Reaktion.

Später, besonders zur Zeit der Kreuzzüge, wurden die asiatischen Galläpfel regelmäßige Ausfuhrware. Als sich der Handel durch verbesserte Verkehrsmittel hob, wurden wir u. a. auch mit den in China und Japan häufig vorkommenden Rhusgallen bekannt. Diese erscheinen bereits in einem alten Kräuterbuch aus den Jahren 1552—1578 erwähnt.

Durch die großen Fortschritte der Technik und Chemie in den letzten Jahren haben die Gallen gegenüber den Gerbrinden viel an Bedeutung verloren. Immerhin wurden noch im Jahre 1911 nach Deutschland 3 671 300 kg eingeführt und nur 150 800 kg ausgeführt (2).

III. Naturgeschichtliche Charakteristik der Gallen.

Form und Größe der Gallen sind wohl für einzelne Gallenarten innerhalb bestimmter Grenzen konstant, aber bei verschiedenen Arten außerordentlich verschieden. Runde, oft sehr genau kugelige, mehr oder weniger runzlige, höckerige Formen herrschen vor. Zitronenförmig sind die Sodomsäpfel gestaltet, blasenförmig, meist in die Länge gezogen und höckerig, im übrigen äußerst unregelmäßig gebaut sind die bis 10 cm langen chinesischen Gallen. Zu den größten überhaupt bekannten Gallen müssen die sog. Carrobe di Giudea gezählt werden. Sie weisen oft eine Länge von 20 cm auf. Höchst wunderliche Gestalten zeigen die Knoppern.

Die der Wirtspflanze aufsitzende Partie der ausgewachsenen Galle wird als »Fuß« bezeichnet. Durch Veränderungen der Gewebe in der Nähe des Fußes wird manchmal ein Abfallen der Gallen (u. a. bei den von *Cynips hungarica* erzeugten) bewirkt, oder aber es erfolgt keine Trennung von der Mutterpflanze, wie z. B. bei der Galle von *Cynips Kollari* (3).

Alle Gallen sind hohl. In ihrem Innern treten entweder nur in Einzahl oder mehrere bis zahlreiche Hohlräume auf, die den Insekten zum Wohnort dienen. Sehr groß sind die der chemischen Gallen. In der Regel aber sind die Hohlräume, selbst wenn sie einzeln auftreten, unbedeutend im Vergleich zum Durchmesser der Gallen. Sind mehrere Hohlräume zur Beherbergung der Insekten vorhanden, so sind sie stets regellos verteilt.

Die Zahl der Fluglöcher an den Gallen hängt von der Zahl der Insekten ab, die in der Galle zur Entwicklung kommen. Nicht zu verwechseln mit Fluglöchern sind Öffnungen in der Gallenwandung, die von Inquilinen (Einmietern) herrühren. Manche Sorten käuflicher Gallen, nämlich solche, die frühzeitig noch vor dem Austritt des Insekts gesammelt werden, sind undurchbohrt. Olivier (4) wies zuerst darauf hin, daß sie wertvoller sind als durchbohrte.

Die Oberfläche der Gallen ist entweder glatt, manchmal auch gerieft, oder sie bietet eigentümliche, oft höchst bezeichnende Gestaltungsverhältnisse dar. Die Gallen von *Cynips Kollari* sind glatt und kahl, höckerig und kahl die von *Cynips gallae tinctoriae,* teilweise mit einer glänzenden Harzschicht bedeckt die Sodomsäpfel. Höckerig und mit feinem Flaum versehen sind die chinesischen Gallen.

Die Farbe bietet wenig Merkmale zur Unterscheidung der Gallenarten dar, besonders deshalb, weil nicht selten eine und dieselbe Gallenart in verschiedenen Färbungen auftritt, wie z. B. die von *Cynips gallae tinctoriae* verursachten Gallen, deren Färbung von lichtgelb durch braun in ein schwärzliches Grün zieht. Indes benutzt man die Färbung der Sorten einer Gallenart manchmal als Kennzeichen ihrer Güte. Man hält beispielsweise die dunkeln Sorten der letztgenannten Gallen für preiswerter als die lichten.

Das Gefüge der Gallen ist entweder schwammig, holzig oder hornartig. An manchen Gallen ist es im Innern anders wie in den unter der Oberhaut gelegenen Partien. Je dichter und hornartiger eine Gallensorte ist, als desto besser gilt sie. Tatsache ist, daß alle gerbstoffreichen Gallen ein dichtes Gefüge haben und infolge ihrer Schwere im Wasser untersinken, daß dagegen alle schwammigen, stark holzigen Gallen arm an Gerbstoff sind.

In vielen Gallen findet sich ein gewöhnlich aus sehr dichtem Gewebe bestehender, im ausgebildeten Zustand hohler Körper vor, der das Insekt unmittelbar umgibt. Man bezeichnet ihn mit Beijerinck als Innengalle im Gegensatz zu den außerhalb befindlichen Teilen, der sog. Außengalle. — Nebenbei sei erwähnt, daß manche Autoren unter Innengalle sehr häufig jene Partie einer Gallenbildung verstehen, die von veränderten Knospenschuppen oder andern metamorphosierten Pflanzenteilen umgeben ist. — Sehr schön differenzierte Innengallen treten beispielsweise in den Knoppern und in den großen ungarischen Galläpfeln auf. Andern Gallen, wie z. B. den deutschen, fehlt die Innengalle.

Sämtliche technisch verwendeten Gallen sind histioide Bildungen, d. h. es handelt sich bei ihnen um die Produktion abnormer Gewebe allein, im Gegensatz zu organoiden Bildungen, bei denen eine abnorme Organproduktion in Erscheinung

tritt. Die Einteilung in histioide und organoide Gallen rührt bekanntlich von Küster (5) her. Die Ausbildungsweise der Gallen scheint zunächst von der histologischen Zusammensetzung jenes Pflanzenteils abhängig zu sein, auf dem die Auswüchse zur Entwicklung gelangen. Die Ursache der oft höchst merkwürdigen, unregelmäßigen Zellformen dieser Gebilde liegt aller Wahrscheinlichkeit nach in der rapid erfolgenden Entwicklung. Eine Arbeit von Traill (6) hierüber lag mir leider nicht zur Einsicht vor.

An dem Aufbau der Gallen ist das Haut-, Grund- und Stranggewebe beteiligt. Im Jugendzustand ist das Hautgewebe stets durch eine Epidermis vertreten, die im Lauf der Entwicklung oftmals zerreißt und abgestoßen wird. Dafür verdicken sich die Membranen der zunächst darunterliegenden Zellen, so daß eine Art Rinde zustande kommt. Wenn die Epidermis erhalten bleibt, führt sie manchmal Trichome, hin und wieder auch Spaltöffnungen.

Das Grundgewebe ist parenchymatisch, seltener teilweise sklerenchymatisch ausgebildet und umgibt konzentrisch die schon früher erwähnte Innengalle. In dieser Schicht erscheint der Gerbstoff hauptsächlich aufgespeichert; sie heißt daher auch »Gerbstoffschicht«. Lacaze-Duthiers (7) gliedert sie in drei Zonen, deren innerste dadurch charakterisiert ist, daß die Zellen in radialer Richtung gestreckt, prismatisch geformt erscheinen. Sehr oft geschieht es, daß entweder an der äußeren oder inneren Grenze der innersten Gerbstoffschicht die einzelnen Zellen zerreißen und die Innengalle nun frei in der entstandenen Höhlung liegt.

Hauptsächlich in der Gerbstoffschicht, und zwar gänzlich regellos, besonders in der Nähe des Fußes, verlaufen die kollateral gebauten Gefäßbündel.

Falls eine Innengalle vorhanden ist, erscheint die Wandung häufig aus charakteristisch gestalteten Sklerenchymzellen zusammengesetzt, um das Insekt während der Entwicklung zu schützen (Schutzschicht Franks, couche protectrice Lacaze-Duthiers). Innerhalb dieser Zellen liegt ein parenchymatisches Gewebe (Innen- oder Nährschicht, couche alimentaire Lacaze-Duthiers), dessen einzelne Zellen mit verschiedenen Inhaltskörpern (Stärkekörnern, Öltropfen, Proteinsubstanzen usw.) vollgepfropft sind, die zur Ernährung der Insekten dienen, nachdem sie in gewissen Fällen eine chemische Umwandlung durchgemacht haben.

IV. Entstehung der Gallen.

Vorwiegend Tiere (Würmer und hauptsächlich Gliederfüßer), aber auch Pflanzen erzeugen Cecidien. Es wird demnach ein Unterschied zwischen Zoo- und Phytocecidien (Tier- und Pflanzengallen) gemacht. Die technisch verwendeten Gallen (8) — und nur auf diese wird hier Rücksicht genommen — werden ausschließlich durch Tiere [Cecidozoen] (9), und zwar durch Hymenopteren, Cynipiden, (Gallwespen), oder durch Rhynchoten, Aphiden (Blattläuse), hervorgerufen. Die Entstehung der Auswüchse erfolgt in der Weise, daß die Weibchen der eben genannten Insekten mittels ihrer Legeröhre die Pflanzenteile verletzen, in die Stichwunde ein Ei ablegen, oder daß sie dieses ohne Schädigung der verschiedenen pflanzlichen Organe oberflächlich hinlegen. Früher hat man allgemein angenommen, daß durch eine von der Gallmutter zugleich mit dem Ei abgelegte Substanz (10) ein mächtiger Reiz auf die verletzten Zellpartien ausgeübt wird. In manchen Fällen geschieht dies auch wirklich. Betreffend die Cynipiden weiß man aber heute, daß die Gallbildung erst dann beginnt, wenn die junge Larve die Eihaut durchbricht und eine Verletzung der pflanzlichen Epidermis stattgefunden hat (11). H. Roessig (12) ist der Frage nähergetreten, von welchen Organen der Gallwespenlarven der Reiz zur Bildung der Pflanzengalle ausgeht. Er wies nach, daß durch die Malpighischen Gefäße und Önocyten das wirksame Sekret ausgeschieden wird. Die Art des Reizes, der bei dem einen oder andern Geschehen wirksam ist, kennt man tatsächlich noch nicht. Man kann nur als wahrscheinlich annehmen, daß es kein einfacher chemischer Reizvorgang ist, der zur Gallenbildung führt (13), [Versuche zur Hervorbringung künstlicher Gallen — mit negativem Erfolg — führte W. Magnus (14)

aus], sondern daß hiebei ein für die verschiedenen Gallenerreger spezifisches »Wuchsenzym« (1, 15) eine Rolle spielt. M. Molliard (16) ist der Meinung, daß es sich um ein diastatisch-proteolytisches Enzym handelt. Jedoch auch die Art der Verwundung des Pflanzenteils durch das Tier wird sicherlich von Bedeutung sein, gerade wie die Bildung von »Wundhormonen« (17), wenn wir auch heute noch über diese nur sehr wenig wissen.

Die Elemente des verwundeten Gewebes vermehren sich sehr rasch und es beginnt eine Zellwucherung, die so lange andauert, bis der Nymphenzustand erreicht ist. Das von der Galle umschlossene Insekt bohrt sich meist selbst ein Loch (Flugloch), durch das es entschlüpft, oder die Galle besitzt, wie z. B. bei den Knoppern, eine natürliche Öffnung für den Austritt des Gallenerregers.

Die Verhältnisse der Gallenbildung gestalten sich sehr mannigfach. Bei den Aphiden haben wir es nämlich mit Tieren zu tun, deren verschieden gestaltete und auf verschiedene Weise (gamo- und parthenogenetisch) sich fortpflanzende Generationen in gesetzmäßiger Weise wechseln (Heterogenie). Ob diese auf ein und derselben Pflanze (für manche Blattläuse wurde auch ein Wirtswechsel nachgewiesen) immer nur eine Art von Gallen hervorrufen, ist noch nicht sicher festgestellt. Was ferner die Cynipiden betrifft, so zeigen auch viele von diesen die Erscheinung der Heterogenie. Entweder ist der Generationszyklus für die Art mit Heterogenie ein- oder zweijährig. Bei den rein parthenogenetischen Arten kommt nur eine Generation innerhalb eines Jahres zustande. Die Gallwespen bleiben in allen Generationen auf derselben Pflanzenart. Nur einige wenige Fälle sind bisher bekannt geworden, in denen aller Wahrscheinlichkeit nach ein Wirtswechsel (3) bei ihnen stattfindet. Einer davon ist der von *Cynips calycis* und *Andricus cerri* zwischen *Quercus pedunculata* und *Qu. cerris* (18). Die Eier werden von den genannten Insekten meist nur in bestimmte Organe oder Organteile gewisser Gewächse abgelegt. Es ergeben sich auf diese Art Gallen von spezifischer Form und bestimmter innerer Organisation, die für das den Auswuchs erzeugende Insekt charakteristisch sind. An gewissen mitteleuropäischen Eichen erscheinen jedoch auch sehr oft Gallen, deren Existenz nicht streng an eine Eichenart geknüpft ist (3).

Die Gallen entwickeln sich immer nur an solchen Geweben, die sich noch in zellbildender Tätigkeit befinden, also vorherrschend an ganz jungen, in kräftiger Vegetation befindlichen Pflanzenteilen. So gehen derartige Bildungen, um nur einige Beispiele anzuführen, aus jungen Knospen, und zwar sowohl Axillar- wie auch Terminalknospen (*Cynips gallae tinctoriae*), selbst aus ganzen Blättern bzw. Blättchen (*Pemphigus utricularius*) und jungen Früchten (*Cynips calicis*) hervor.

V. Chemische Charakteristik der Gallen.

Die verschiedenen Gallenarten enthalten, wie schon erwähnt, Gerbstoffe (siehe das.), auf die an anderer Stelle näher eingegangen wird, in wechselnder Menge, ferner Wasser, Stickstoffverbindungen, Zucker, Zellulose, unverbrennliche Substanz usw. Was den Wassergehalt betrifft, so ist zu erwähnen, daß er von dem Alter der Gallen abhängt und naturgemäß den Gerbstoffgehalt beeinflußt. Frische, in Scheiben geschnittene Galläpfel ergaben beim Trocknen bis zur Gewichtskonstanz bei 100 ° C im Mittel einen Wassergehalt von 85,71 % (19). Für die Praxis ist es am vorteilhaftesten, wenn man den Gerbstoffgehalt auf das Gerbmaterial im lufttrocknen Zustand bezieht. Nach Schroeder (20) kommt im Durchschnitt den verschiedenen Gerbmaterialien ein ungleicher Wassergehalt zu, der von ihrer Natur abhängt. Auch ein Einfluß der Jahreszeit macht sich bemerkbar; überall ist während der Frühlings- und Sommermonate der Wassergehalt der Gerbmaterialien am kleinsten, während der Wintermonate hingegen am höchsten.

Der Stickstoffgehalt der Gallen ist nach übereinstimmenden Angaben (21) gering. Dieses Ergebnis ist insofern interessant, als dadurch der Beweis erbracht ist, daß die Wirtspflanze durch die Gallenbildung keinen Schaden, keine Entziehung von stickstoffhaltigen Nährstoffen erleidet.

Die Zuckerarten kommen in wechselnder Menge (22), und zwar in Ab-

hängigkeit von der Reife der Gallen, vor. Nach der Untersuchung von F. Koch (23) nimmt der Zuckergehalt mit der Reife der Gallen zu, während der Gerbstoffgehalt sich auf gleicher Höhe erhält. Koch bestimmte auch das Kohlenhydrat als Dextrose, während man früher den in Galläpfeln vorhandenen Zucker für nicht kristallisationsfähig gehalten hatte.

Von andern in den Gallen enthaltenen Begleitsubstanzen seien noch folgende hervorgehoben: Chlorophyll, Zyklogallipharsäure (24), Stärke, fette Öle, gummiartige Substanzen, Gallo-Cerin (25).

Der Aschegehalt der Gallen beträgt 1,3—2 % (26). In der Asche wurden nachgewiesen: Phosphorsäure, Schwefelsäure, Silikate, Kalium und Kalzium. Magnesium konnte nicht aufgefunden werden. Dieser negative Befund ist aber mit dem Gehalt der Gallen an Chlorophyll unvereinbar.

B. Besonderer Teil.

I. Übersicht der wichtigsten technisch verwendeten Gallen.

Die wichtigsten im Handel vorkommenden Gallen sind:

Die kleinasiatischen Galläpfel, durch den Stich von *Cynips gallae tinctoriae* Oliv. veranlaßt.

Die Bassorahgallen (Sodomsäpfel), deren Herkunft noch strittig ist.

Die mitteleuropäischen Galläpfel (istrische, deutsche, ungarische usw.). Zweifellos verschiedener Abstammung; sehr häufig aus den Gallen von *C. Kollari* Hart. bestehend. Unter den gewöhnlich nicht gesammelten mitteleuropäischen Eichengallen sind nach J. Wiesner (27) auch die durch *Cynips radicis* Fab., *C. scutellaris* Oliv., *C. terminalis* Fab., *C. conifica* Koll., *C.* (*Andricus*) *multiplicatus* Gir. hervorgerufenen Gallen reich an Gerbstoff.

Die Knoppern, erzeugt durch *C. calicis* Burgsdorff.

Die Pistaziengallen, die von verschiedenen *Pemphigus*-Arten auf *Pistacia terebinthus* L., *P. vera* L. und andern Spezies hervorgerufen werden.

Die chinesischen und japanischen Gallen, auf einer in China und Japan einheimischen *Rhus*-Art durch eine Blattlaus verursacht.

Die Tamariskengallen, im nordafrikanischen und indischen Handel vorkommend, welche auf mehreren *Tamarix*-Arten auftreten.

II. Beschreibung der wichtigsten Gallen.

a) Von Quercus-Arten abstammende Gallen.

α) Gallae Asiaticae.

1. Aleppogallen (Gallae turcicae, G. levanticae, G. halepenses; asiatische (kleinasiatische), türkische, levantische, aleppische, Smyrnaer Gallen oder Galläpfel; Galle du Levant, Galle d'Alep, Noix de galle, Levant Galls, Aleppo Galls, Gallnuts, Nutgalls, Oak-apples). Die Gallen kommen an jungen, kräftig vegetierenden Zweigen der im Orient einen äußerst mannigfachen Formenkreis bildenden *Quercus lusitanica* Lam. (Fagaceae) vor, und zwar am häufigsten an der jetzt als *Q. lusitanica ssp. orientalis a infectoria* Alph. DC. bezeichneten Varietät. Diese wurde zuerst von Olivier (28) in Kleinasien entdeckt und als *Q. infectoria* Oliv. beschrieben.

Diese Eiche wird höchstens 2 m hoch, besitzt ein knorriges Aussehen und wirft alljährlich die Blätter ab. Sie ist im östlichen Mittelmeergebiet durch Kleinasien, Mesopotamien, Syrien bis Persien verbreitet.

Nach Mayr (29) finden sich diese Galläpfel auch in Mitteleuropa an buschartigen Exemplaren von *Quercus sessiliflora* Sm. und *Q. pubescens* Willd. Am Ende des vorletzten Jahrhunderts betrachtete man sie als Auswüchse, entstanden an *Q. cerris* L. und *Q. aegilops* L. (30).

Der Erreger der Galle ist eine Cynipide: *Cynips gallae tinctoriae* Oliv. (*C. Quercus infectoriae* Nees, *Diplolepis gallae tinctoriae* Latreille). Die Vermehrung der Gallwespe erfolgt durch Parthenogenese, männliche Individuen wurden bisher überhaupt nicht beobachtet. (Bei anderen Arten findet nach Adler (31) ein Generationswechsel statt.) Das Weibchen des Insekts legt in die Kambiumschicht der

jungen, unbelaubten Eichentriebe ein Ei ab. Die Larve durchbricht sehr bald die Eihaut und schickt sich nach Verlauf eines halben Jahres zum Ausschlüpfen an. Mit ihren starken Freßwerkzeugen bohrt sie sich durch die entstandene Galle einen geraden, zylindrisch geformten Kanal, der ein ungefähr 3 mm weites Flugloch besitzt. Sehr häufig geht das Insekt im Innern der Galle zugrunde, wofür die Ursache oft auch in äußeren Umständen liegen mag.

Die besseren Galläpfelsorten werden in dem Paschalik von Aleppo, und zwar nördlich von Aleppo in der Gegend von Killis, Aintab und Marasch gesammelt. Die Ernte findet im August und September statt. Frisch abgenommen erscheinen die Gallen grün (durch Chlorophyll verursacht) und zart; erst durch Liegenlassen an der Luft an schattigen Orten werden sie dunkel und fester. Später geerntete sind weiß, die bis zum Winter auf den Bäumen sitzenden braunrötlich. Diese bilden mindere Qualitäten. Auch aus Kurdistan, wo Galläpfel in den Bergen von Mossul am Tigris, Rovandiz, Suleimanie und bei Zacho, ferner bei Mardin im Karadscha-Dagh und bei Diarbekir am Tigris häufig auftreten, kommt die Ware nach Aleppo, dem wichtigsten Stapelplatz für diesen Artikel. Von hier aus wird sie nach Alexandrette gebracht und nach Europa verschifft (32).

Die im östlichen Gebiete gesammelten Produkte gelangen gewöhnlich von Mossul auf dem Tigris über Bagdad nach Abuschir (Bassorah) und weiter nach Bombay, wo sie als indische oder Bombaygallen verkauft werden. Besonders China importiert diese in großer Menge.

Von kleinasiatischen Städten exportiert hauptsächlich Smyrna Galläpfel, die aus der Umgebung von Kara Hissar stammen. In der Kampagne 1901—1902 z. B. betrug der Export von Galläpfeln, insbesondere nach Deutschland, gegen 500 000 kg (33). Aus dem Rohstoffe werden die kleinsten herausgelesen und kommen als Sorian-Galläpfel von Triest aus auf den Markt. Als beste Sorte gilt die mit dem Namen »Jerli« belegte. Es sind dies kleine, undurchbohrte Gallen.

Die kleinasiatischen Galläpfel besitzen eine kugelige oder birnförmige Gestalt; gegen die Ursprungsstelle am Zweige zu verschmälern sie sich, so daß ein kurzer Stiel gebildet wird. Die Oberfläche der dem Stiele abgewendeten Hälfte ist unregelmäßig mit zerstreuten kegelförmigen Höckern oder leistenartigen Erhebungen besetzt, während die der unteren häufiger glatt und etwas glänzend erscheint. Ebenda oder im größten Querschnitte befindet sich das Flugloch. Zu innerst der Galle liegt die schon erwähnte 5—7 mm weite, rundliche »Innengalle«, die mit einer harten, glatten, braunen Schale versehen ist. Durch Einschrumpfung des Gewebes um diese herum entsteht nicht selten teilweise ein Hohlraum. Wenn die Larve sich gar nicht entwickelt hat, so ist die Innengalle mit einem Nährgewebe erfüllt; von diesem sind nur pulvrige Partikelchen zu bemerken, falls das Insekt ausgeschlüpft oder knapp vor völliger Ausbildung zugrunde gegangen ist.

Nach der Gegend, aus welcher die Gallen stammen, nach der Zeit des Einsammelns (vor oder nach dem Auskriechen der Gallwespe), nach der Größe und Farbe der einzelnen Exemplare unterscheidet man hauptsächlich folgende Arten:

a) Aleppische mit einem Durchmesser von etwa 2,5 cm; von dunkelgrüner bis schwärzlicher Farbe. Zyprische Galläpfel von ungleicher Güte, nicht so gerbsäurereich wie die aleppischen, werden zuweilen für diese verkauft.

b) Mossulische an Güte den aleppischen wenig nachstehend, etwas heller gefärbt; die Oberfläche sieht bestäubt »bläulich beduftet« (34) aus. Eine zweite, als mossulische (aus Wien bezogene) Galle, die von Infektoria-Gallen sicherlich verschieden ist, wurde von Hartwich (35) beschrieben. Die Gallen sind kugelig (d = 1,5—1,7 cm), am Grunde schwach zugespitzt, in der oberen Hälfte höckerig und dunkel-rotbraun gefärbt, mit kleinen, helleren Flecken versehen (bestehend aus Schüppchen von weißlicher Farbe). Die Gallen sind meistens vom Insekt verlassen, das Flugloch ist etwas weniger weit wie bei den Aleppo-Gallen. Durchschnittlich erscheint die Galle gelblich-rotbraun gefärbt; man kann oftmals die Innengalle direkt von der Außengalle trennen. Im anatomischen Bau unterscheiden sie sich kaum von dem der Aleppo-Gallen. Der

geringe Gesamtgehalt an Gerbstoff (36,3 %) erscheint auffällig.

c) Smyrnaer (Galle de Smyrna, Galle d'Asie mineure) mit einem Durchmesser von 3—5 cm, meist gelblich gefärbt (erst nach dem Auskriechen des Insekts gesammelt). Ihnen nahestehend sind die tripolitanischen Gallen (36).

Grüne (schwarze) und weiße Gallen kommen im Handel auch gemischt vor. Die dunkeln sinken im Wasser unter, die hellen schwimmen, gleichgültig ob sie durchbohrt sind oder nicht. Bezüglich der Härte ist zu erwähnen, daß die Gallen unter dem Hammer in scharfkantige Stücke zerspringen. Die frische Bruchfläche ist lichtgelblich bis hellbräunlich, wachsartig glänzend, homogen, nach innen zu locker körnig oder strahlig kristallinisch, manchmal auch ganz zerklüftet.

Abb. 1.
„Ligninkörper" aus der Nahrungsschicht der Infektoriagalle. Vergr. 300.

Die Hauptmasse dieser Galläpfel wird von einem parenchymatischen, gewöhnlich Interzellularen zwischen sich lassenden Grundgewebe gebildet, dessen Membranen einfach (rundlich bis spaltenförmig) getüpfelt sind. Gegen die Peripherie zu werden die einzelnen, Chlorophyll- und Stärkekörner führenden Zellen allmählich kleiner und erscheinen im Sinne der Oberfläche tangential gestreckt. Zugleich verdicken sich auch die oftmals verholzten Zellwandungen. An ausgewachsenen Galläpfeln ist eine Oberhaut nicht vorhanden; aller Wahrscheinlichkeit nach hört sie frühzeitig im Laufe der Entwicklung auf zu wachsen, zerreißt und fällt ab, wie dieser Vorgang bei der Kollarigalle von Beijerinck beschrieben wurde. Nur an den Spitzen der höcker- und leistenförmigen Erhebungen treten wenige dünnwandige, eingeschrumpfte Schichten von Peridermzellen auf, über deren Herkunft nichts bekannt ist.

Die die Innengalle umgebende Partie unterscheidet sich von dem übrigen Grundgewebe nur durch die Streckung der Zellen in mehr oder weniger radialer Richtung. Die Membranen sind dünnwandig und gewellt und erscheinen daher von der Fläche gesehen gestreift. In dieser Zone tritt die Gerbsäure am reichlichsten (nach außen zu immer weniger) in großen scharfkantigen, glashellen Klumpen auf. Einzelne Zellen, oft reihenförmig angeordnet, führen auch Stärke und Kristalle von oxalsaurem Kalk in Form von Scheinoktaedern, Kombinationen dieser mit dem Prisma oder auch Zwillingsgestalten (37).

Die Gefäßbündel bestehen aus zarten, dunkelbraun gefärbten Spiralgefäßen und Kambiformzellen; sie treten vom Stiel aus in den Körper der Galle ein und gehen durch das Parenchym in zahlreichen feinen Strängen bis nahe an die Oberfläche. Regelmäßigkeiten bezüglich des Verlaufes sind nicht zu bemerken.

Die Schale der Innengalle setzt sich aus typischen gelblichen, oft mit Oxalatkristallen gefüllten Sklerenchymzellen zusammen. Innerhalb dieser liegt das Nährgewebe, ein Parenchym, welches große rundliche Stärkekörner mit oft kreuz- oder sternförmig aufgerissenem Kern führt. Die Stärke wird nicht direkt von der Larve verzehrt, sondern erleidet zuvor eine Umwandlung in Öl. Zugleich treten Proteinkörper ziemlich reichlich auf. Nebenher (38) sind noch zu beobachten: 1. Gerbstoffkugeln, die nach Behandlung mit starker Kalilauge eine feine Membran aufweisen, und 2. Ligninkörper, infolge ihrer Reaktionen so genannt (39). Nach Czapek (40) handelt es sich hier um nichts anderes als um Gerbstoffmassen, sog. Inklusen. Sie bilden farblose und gelbliche Klumpen, die sich, wenn sie größer sind, aus mehreren Stücken (Abb. 1) zusammensetzen und nach Küster (41) in einer Schicht zwischen Eiweiß- und Stärkeschicht liegen. Diese Inhaltskörper scheinen ohne vorherige Umwandlung in Eiweiß als Nährstoffe zu dienen.

Die kleinasiatischen Galläpfel sind unter den westasiatischen und europäischen Sorten die an Galläpfelgerbsäure reichsten. Der Gerbstoffgehalt steigt bei ihnen nach neueren Untersuchungen (42) bis auf 58 % und darüber. Das Tannin, sowie die Gallussäure (3 %) sind in freiem Zu-

stande in den Gallen nicht enthalten; ersteres kommt in Verbindung mit einer pektinartigen Substanz vor. Glukose ist nur in unbedeutender Menge (3 %) nachzuweisen, ebenso Ellagsäure (2 %), Chlorophyll, flüchtiges Öl, Gummi, Stärke (2 %) usw. Die Zusammensetzung der Gallen, in Prozenten ausgedrückt, ist folgende:

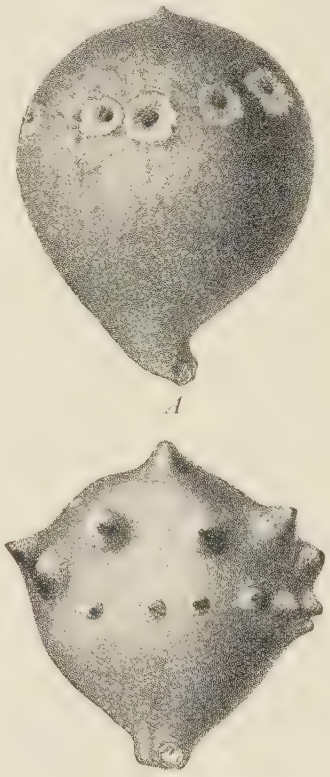
Wassergehalt	12,05
Holzstoffartige Substanzen, Ligneux (der in kochendem Wasser unlösliche Rückstand)	19,20
Tannin	58,52
Nicht — Tannin (anderweitige Bestandteile)	10,21

Der Aschegehalt beträgt ungefähr 1,5 %. Die Mineralbestandteile kommen in Form folgender Salze vor: schwefelsaures Kalium, Chlorkalium, gallussaures Kalium und Kalzium, oxal- und phosphorsaures Kalzium. Analysen von Roncali (43) ergaben einen Gehalt von 52—62 % Tannin, 1,6—2 % Gallussäure und 11,5—12,32 % Wasser. Kurt R. v. Stockert und J. Zellner (44) haben grüne, höchstens haselnußgroße, lederige, mit gelblichen Buckeln versehene Gallen, aus Knospen von *Quercus sessiliflora* entstanden, hervorgerufen durch *Cynips tinctoria* Oliv., chemisch untersucht und folgende Zusammensetzung beobachtet:

Wassergehalt der frischen Teile	68,49 %
Petrolätherauszug	2,54 „
Ätherauszug	3,62 „
Alkoholauszug	21,27 „
Wasserauszug	57,33 „
Gerbende Stoffe	39,98 „
Wasserlösliche Nichtgerbstoffe	17,35 „
Reduzierender Zucker	1,49 „
Rohfaser	13,06 „
Asche	2,72 „
Wasserunlösliche Teile in Proz. der Gesamtasche	23,98 „
Mn_3O_4 in Proz. der Asche . . .	1,25 „
Extraktasche	2,69 „

Der Wassergehalt ist in Prozenten des möglichst frischen Materials, alle andern Werte sind in Prozenten der Trockensubstanz angegeben, wofern nichts anderes bemerkt ist.

2. Bassorahgallen. (Sodomsäpfel, Rove als Handelsware, Mala insana oder sodomitica, Dead-Sea apples.) Die Frage nach der Herkunft dieser Knospengalle ist strittig. Wiesner (45) sieht als Mutterpflanze *Quercus tauricola* Kotschy (*Qu. lusitanica* Lam.) an, während Moeller (46) geneigt ist, sie von *Quercus tinctoria* (Bartr. Trav.) herzuleiten, A. Baldacci beobachtete die Galle auf *Quercus*



A *B*

Abb. 2.
Bassorahgallen (Sodomsäpfel). Natürliche Größe.

conferta Kit. Der Erreger derselben heißt *Cynips insana* Westw. und wurde von G. Mayr beschrieben (47).

Die Sodomsäpfel werden an den Küsten des Marmarameeres, der Dardanellen, in der Gegend nördlich von Smyrna und in einzelnen Teilen von Persien in unvollkommen entwickeltem Zustand eingesammelt, sind aber auch im südlichsten Albanien gefunden worden [s. G. Mayr (48)] und kommen grob gestoßen in den Verkehr. Die Ware heißt Rove. Nach Eitner (49) dürfte der Name Rove von der italienischen Bezeichnung der Steineiche, »Rovere«, genommen sein. Häufig ist sie

durch Fragmente von Blättern und Zweigen verunreinigt.

Die Galle bildet eine fast regelmäßige Kugel mit einem Durchmesser von etwa 38—42 mm. Nach unten zu verschmälert sie sich in einen kurzen breiten Stiel, während sie am oberen Pol einen stumpfen Höcker trägt. Ungefähr in der Mitte der oberen Kalotte sind ziemlich im Kreise angeordnet 6—8 linsengroße seichte, radiär gestreifte Vertiefungen, aus deren Zentren sich je ein kurzer, kegelförmiger Höcker erhebt (Abb. 2 *A*). Manchmal treten außerdem auch kleine Höckerchen unregelmäßig verteilt auf. Öfters kommen unter den Bassorahgallen auch solche vor,

Abb. 3.
Parenchymzellen der Bassorahgalle. *JJ* Interzellularen. Vergr. 280 mal.

die an der oben bezeichneten Stelle einen zweifachen, annähernd untereinander parallel laufenden Spitzenkranz tragen, welcher direkt von der Oberfläche der Galle aus entspringt (50), (Abb. 2 *B*).

Die Außenfläche der Galle ist glatt, kaffeebraun und matt oder auch häufig rötlichbraun und glänzend. Längere Zeit auf den Bäumen verbleibend färben sich die Sodomsäpfel schwarz. Zugleich werden sie außergewöhnlich leicht, ihr Tanningehalt schwindet, so daß sie nach zwei Jahren als Gerbmaterial vollständig unbrauchbar sind (51).

An jeder Galle bemerkt man ein scharfrandiges, ungefähr 3 mm weites Flugloch.

Das innere Gewebe ist hellbraun gefärbt, schwammig, mit dem Fingernagel leicht eindrückbar, gegen die Mitte der Galle zu dichter als außen und weist eine schwach strahlige Struktur auf. Die Schale der Innengalle besteht [im Gegensatz zu Hartwich (52)] aus nur wenigen Lagen sklerenchymatischer (verholzter) Zellen; sie umschließt eine ungefähr erbsengroße Höhlung, in welcher sich eine Larve, seltener 2—3, entwickeln.

Der Sodomsapfel besteht aus höchst unregelmäßig gestalteten parenchymatischen Elementen, gewissen Steinzellen an Gestalt überaus ähnelnd. Mit einem großen Teile ihrer Wandungen umschließen sie Interzellularen (Abb. 3). Die Membranen sind ziemlich dick, verschieden stark verholzt und mit einfachen Tüpfeln versehen, die gegen die Schließhaut oft konisch zulaufen. Der Zellinhalt wird durch Wasser trübe, feinkörnig und durch Eisensalze gebläut. Stärkekörner beobachtete ich

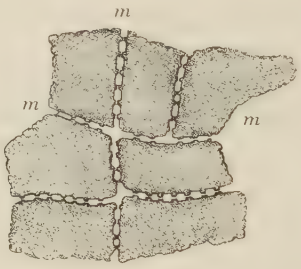


Abb. 4.
Oberflächenansicht des der Harzschicht zunächst liegenden Gewebes der Bassorahgalle. *mm* Membranen mit einfachen Tüpfeln. Vergr. 300 mal.

nicht. Sowohl gegen die Innengalle wie auch nach außen hin nehmen die Zellen allmählich an Größe ab und regelmäßigere Formen an. Die Gefäßbündel verlaufen überall ohne Gesetzmäßigkeiten. Die Außenseite der Galle ist mit einer formlosen, glashellen Schicht von Harz bedeckt, die beim Schneiden in muschelige Fragmente zerbricht. In dieser Masse erscheinen zahlreiche kleine Zellen unregelmäßig eingebettet, welche mit einem braunroten, homogen erscheinenden Inhaltsstoff (der Reaktion nach Gerbstoff) erfüllt sind. Aller Wahrscheinlichkeit nach erstreckt sich die Umwandlung der Membranen in einen harzartigen Körper nicht allein auf die Epidermis, sondern auch auf die zunächst darunter befindlichen Zellschichten (Abb. 4). Das Harz wird durch Alkalien zu trüben Tropfen verseift; es löst sich in heißem Alkohol, Äther, Chloroform und Xylol.

In ihrer Heimat werden die Sodomsäpfel zum Färben (Rouge d'Adrianople) verwendet, in Österreich kam die Rove um das Jahr 1878 in den Handel. Sie ist eins

der gehaltreichsten Gerbmaterialien. W. Eitner bestimmte aus einer Reihe von Analysen den Gerbstoffgehalt (53). Als Mittelwert gibt er 27 % an, Kathreiner 24,7 %. Nach Eitner enthält das Pulver aus zerkleinerten inneren Partien der Galle über 30 % Gerbstoff, das der äußeren nebst Schale nur 20 %. Die erste genauere Analyse der Bassorahgallen stammt von Bley [1853 (54)].

β) Gallae Europaeae.

3. **Moreagallen (Krongallen).** Nach v. Vogl (55) stammen diese glänzend braunen oder graubraun gefleckten Gallen angeblich von *Quercus cerris* (Fagaceae) ab. Als selbständige Sorte sind sie gerade so wie die griechischen und Marmoriner Gallen (56) für den Handel kaum von Bedeutung. Hauptsächlich dienen sie zur Verfälschung der aus Aleppo kommenden Ware. Die Gallen sind klein, höchstens 12 mm lang, kreisel- oder urnenförmig gestaltet, nach unten in einen kurzen Stiel verschmälert. Der obere Rand ist mit einem Kranze mehr oder minder spitzer Höcker versehen, die seitlich miteinander verbunden sind. Guibourt (57) nennt die Galle dem Aussehen nach sehr treffend »petite Galle couronnée (d'Alep)« (Krongalle). Der Scheitel ist abgeplattet, das Flugloch ausnehmend groß und seitlich gelagert.

Bezüglich des mikroskopischen Baues möchte ich nur erwähnen, daß die Sklerenchymschicht der Innengalle aus zwei verschiedenartig gestalteten Elementen zusammengesetzt erscheint, deren Längsachsen in radialer Richtung zur Galle gestreckt sind. Man beobachtet erstens lange, dickwandige, mit Tüpfelkanälen versehene Zellen mit spaltenförmigem Lumen, das sich manchmal gegen das eine Ende hin sackartig erweitert, und zweitens einfach getüpfelte, mit schwächeren Membranen ausgestattete Zellen. Diese sind fadenförmig hintereinander angeordnet und führen große Kristalle von Kalziumoxalat.

Nach Abl (58) enthalten die Moreagallen 29—30 % Gerbstoff.

4. **Istrische Gallen.** Diese Galle, auf der immergrünen Eichenart *Quercus ilex* L. (Fagaceae), nach E. Graeffe (59) auch auf *Quercus robur* und *Qu. pubescens* vorkommend, wird durch *Cynips tinctoria Ol.* var. *nostra Destefani* hervorgerufen und in Istrien, sowie in der Umgebung von Görz eingesammelt. Sie ist rundlich, klein (der Durchmesser beträgt höchstens 15 mm) und verschmälert sich gegen den Fuß in einen kurzen, dicken Stiel. Die anfangs grüne, dann mattrote oder gelblichbraune Oberfläche erscheint durch Wasserverlust unregelmäßig grobrunzelig; nur auf der oberen Hälfte tritt manchmal eine schwache Leistenbildung auf und einzelne kleine Höcker sind bemerkbar. Das Flugloch ist verhältnismäßig groß.

Dicht unterhalb der Oberfläche liegt eine Schicht von stark verdickten, mit Tüpfelkanälen versehenen Zellen, während nach innen zu die Elemente (Gerbstoff und kleine Stärkekörner führend) dünnwandig werden und einfach getüpfelt sind.

Die harte Schale der Innengalle besteht im Gegensatz zu Hartwich (60) nur aus den bei der Moreagalle beschriebenen dickwandigen, radial gestreckten Elementen. Oxalatkristalle führende Zellen beobachtete ich nicht. Nach Hartwich kommen diese Gallen mit kleinen Stücken der Kollarigallen vermengt vor, nach Mayr ferner mit den kleinen ungarischen Gallen. v. Vogl gibt an, daß die sog. Abbruzzo- oder italienischen Gallen mit den istrischen übereinstimmen. Hinsichtlich ersterer vergleiche C. B. Massalongo (61).

Die istrischen Gallen enthalten nach Tod (62) bis 41 % Gerbstoff.

5. **Kleine ungarische Gallen.** Sie verdanken ihre Entstehung dem Stiche der *Cynips lignicola* Hart. in die Axillar-, seltener Terminalknospen der *Quercus sessiliflora* und *Q. pedunculata.* Die Gallen (welche im reifen Zustande nicht von den Bäumen abfallen) werden hauptsächlich im Néograder, Pester und Komorner Komitat eingesammelt (58).

Die Gestalt der Galläpfel ist kugelig, der Durchmesser beträgt selten mehr als 1 cm, doch findet man auch nur halb so große Gebilde. Die Farbe der Oberfläche ist rostrot, braungelb oder schwärzlich rotbraun mit einem Überzug von weißlichen Schilfern, der von der zersprengten Oberhaut herrührt und oft stellenwesie fehlt.

Im Jugendzustande liegt unterhalb der Epidermis eine Schicht dünnwandiger Zellen, auf die gegen innen zu dickwandige Elemente folgen. Gewöhnlich werden die außerhalb dieser liegenden Zellschichten abgeworfen. Die Hauptmasse der Galläpfel besteht aus rostrot gefärbten, parenchymatischen, einfach getüpfelten Zellen, zwischen denen Interzellularen auftreten. Gegen die gelblichweiße Innengalle zu streckt sich dieses Gewebe stark in tangentialer Richtung.

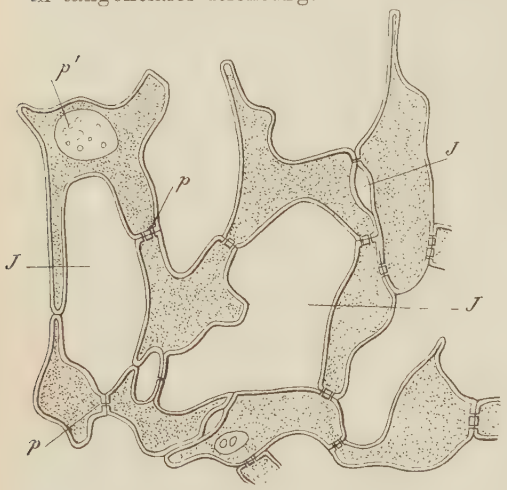


Abb. 5.
Eine Partie aus dem Parenchym der Galle von *Cynips Kollari*. *J J* Interzellularräume. *pp* Tüpfel der Zellwände von der Seite, *p'* von der Fläche gesehen. Vergr. 300 mal. (Nach Wiesner.)

Die Schale der Innengalle besteht aus stark verdickten, sklerenchymatischen Zellen. Das enge Lumen derselben ist hauptsächlich gegen den Mittelpunkt der Gallen zu gelagert. Im Nährgewebe dieser wurden auch »Ligninkörper« nachgewiesen. Betreffs dieser gilt das bei den Aleppogallen Gesagte.

6. Deutsche (mitteleuropäische, österreichische, böhmische) Gallen. Diese Gallen bilden sich an der Achse von Knospen, die sich normal entwickeln und zwar von *Q. sessiliflora, pubescens* (nach Mayr), *Q. robur* Roß, *cerris, rubra* und *fastigiata* (nach Lacaze-Duthiers). Der Erreger heißt *Cynips Kollari* Hart., welche Gallwespe vielleicht die agame Generation von *Andricus circulans* darstellt (18 b).

Die Galle ist ziemlich genau kugelig, in der Jugend außen grün und wird dann hellbraun, innen lichtbräunlich, mißt 1 bis 2,5 cm im Durchmesser und besitzt ein schwammiges Gefüge, so daß sie sich leicht durchschneiden läßt. Die Oberfläche dieses Auswuchses ist anfangs kurz behaart, später kahl, meist glatt und nur hin und wieder mit kurzen zickzack- oder astförmigen Furchen und kleinen Gruben versehen oder auch, ähnlich wie beim kleinasiatischen Gallapfel, mit Höckern ausgestattet. Außer dem 1—2 mm weiten Flugloche sind häufig mehrere kleinere Ausgangsöffnungen, von Inquilinen herrührend, zu beobachten. Quer durchschnitten läßt die Galle in den äußeren Partien ein homogenes, in den inneren ein radialfaseriges Gefüge erkennen. Die faserige Partie schließt nach innen zu mit einer elliptischen, dünnen, harten Schicht ab. Eine gesonderte Innengalle ist aber an diesem Auswuchs nicht anzutreffen. Die Längsachse des Hohlraumes mißt etwa 7, die Querachse 5 mm.

Eine Epidermis ist an ausgewachsenen Gallen nicht vorhanden; sie wird im jugendlichen Zustande abgeworfen (63). Die Oberfläche bilden platte, ungleich große und verschieden gestaltete Zellen, meistens von polygonalem Umriß, deren mittlere Länge etwa 31 μ beträgt. Darunter liegt ein aus nur wenig plattgedrückten, dicht aneinander liegenden Zellen bestehendes Gewebe, dessen Elemente im Mittel 90 μ lang werden. Nach innen zu erweitern sich diese Parenchymzellen immer mehr, nehmen höchst unregelmäßige Formen an und lassen zwischen sich zahlreiche luftführende Interzellularräume frei (Abb. 5). Die Parenchymzellen erreichen hier häufig einen Durchmesser von 270 μ. Die radialfaserige Schicht setzt sich aus in die Länge gestreckten Sklerenchymzellen zusammen. Diese Gewebsschicht endet nach innen zu in kurze, ebenfalls sehr dickwandige, mit rotbraunen, kugeligen Massen erfüllte Zellen (64). Im Nährgewebe finden sich die bei den Aleppogallen erwähnten gelb gefärbten Gerbstoffkugeln reichlich vor.

Die Zellen des parenchymatischen Grundgewebes sind einfach getüpfelt, enthalten reichlich eisenbläuenden Gerbstoff und etwas Stärke. Nahe der Oberfläche scheint kein anderer als eisengrünender Gerbstoff vorhanden zu sein. Die Gefäßbündel sind ähnlich so wie die der kleinasiatischen Gallen gebaut und angeordnet.

Der Gerbstoffgehalt der mitteleuropäischen Gallen [im Küstenland werden sie nicht gesammelt (65)] ist anscheinend sehr wechselnd. Nach älteren Angaben beträgt er etwa 7 %, nach denen Kochs (66) 14—17 %; Hartwich (67) gibt an, daß sie 25—30 % Gerbsäure enthalten. Bezüglich der in den Galläpfeln vorkommenden Ellagsäure wurde von Koch der Nachweis erbracht, daß diese nicht als solche auftritt, sondern aller Wahrscheinlichkeit nach sich erst durch einen Gärungs- oder Spaltungsprozeß bei Gegenwart von Wasser bildet. Die Gesamtasche dieser Gallen beträgt bei einem Wassergehalt von 85,71 % 1,3839 %. Die Zusammensetzung der Asche, in Prozenten ausgedrückt, ist folgende:

SiO_2	17,79 %
P_2O_5	32,38 „
CaO	5,17 „
SO_3	24,82 „
K_2O	15,65 „

7. Große ungarische Gallen. Diese Gebilde sind auch unter den Namen weiße Gallen, Landgallus bekannt. Es sind die größten bis jetzt in Mitteleuropa beobachteten, durch die Gallwespe *Cynips hungarica* Hart. hervorgerufenen Galläpfel. Sie haben einen kugeligen Hauptumriß, einen Durchmesser von 1,5—3,5 cm; ihre kahle, matte oder etwas glänzende graubraune Oberfläche ist mit zahlreichen stumpfen bis spitzen und kantigen Erhabenheiten versehen. An manchen Gallen grenzen sich diese Erhabenheiten polygonal ab, an anderen verlängern sie sich gegen die Basis zu rippenförmig. Das etwa 2 mm breite Flugloch kommt an verschiedenen Stellen der Oberfläche vor. — Im Querdurchschnitt erblickt man eine unregelmäßig geformte Höhlung, an deren Grunde sich, mit einem kurzen Stiele befestigt, die sehr regelmäßig eirunde, etwa 7 mm lange, dünnwandige Innengalle befindet. Das innere Gewebe der Galle ist leicht schneidbar, schwammig und tiefbraun gefärbt.

Die Oberhaut besteht aus kleinen, platten, polygonal begrenzten, etwas in die Länge gestreckten, meist 22—45 μ langen Zellen, zwischen welchen äußerst spärlich Spaltöffnungen auftreten. Haare fehlen dieser Oberhaut völlig. Einzelne Epidermiszellen führen einen blutroten, anscheinend homogenen, festen Inhalt. — Das Parenchym besteht aus polyedrischen, jedoch sehr ungleich großen und verschieden gestalteten Zellen, zwischen welchen hie und da kleine Interzellularräume auftreten. Die Zellmembranen sind ziemlich dünnwandig und einfach getüpfelt. Dicht unterhalb der Oberfläche sind einige Schichten dieses Gewebes in tangentialer Richtung gestreckt; zugleich erscheinen die Zellwandungen stark verdickt im Vergleich zu den weiter im Innern der Galle liegenden und verholzt. — Das Gefäßbündel bietet nichts Auffälliges dar. — Die dichte Wand der Innengalle besteht aus kleinen Sklerenchymzellen.

In der Oberhaut tritt eisengrünender, im Parenchym ein Gemenge von eisenbläuendem und eisengrünendem Gerbstoff auf. Hin und wieder beobachtet man Kalziumoxalatkristalle. Stärke ist im Parenchym, und zwar in der Nähe des Gefäßbündels, nur spärlich vorhanden.

Die Galle ist bis jetzt nur auf *Quercus pedunculata* Ehrh. beobachtet worden. Sie fällt im Herbst von den Zweigen ab.

8. Knoppern (ungarische Knoppern, Galles du gland, Gallons, Acorn galls). Dieses allgemein bekannte Gerbmaterial, das nicht mit dem von orientalischen oder levantinischen (türkischen) Knoppern (Valonea, Ackerdoppen [siehe Gerbstoffe, B, II, Nr. 26]) stammenden verwechselt werden darf, besteht aus Gallen, welche sich auf *Quercus pedunculata* Ehrh. (Fagaceae), nach Schlechtendal auch auf *Querucs sessiliflora* Sm. vorfinden und durch den Stich der *Cynips calicis* Burgsdorff (*Cynips quercus calicis*, wahrscheinlich die agame-Generation von *Andricus cerri*) (68) hervorgerufen werden. Die Gallwespe schiebt das Ei zwischen den heranwachsenden Fruchtknoten und den Becher ein. Am Grunde des letzteren kommt die Galle zur Entwicklung und schiebt sich in Form eines Fußes (Stieles) zunächst zwischen Eichel und Becher gewissermaßen heraus (Abb. 6, *II*). Sie hat anfänglich die Gestalt eines umgekehrten Kegels oder einer dicken Scheibe; allmählich wird sie runder, indem der Rand der Scheibe (resp. der Bodenfläche des Kegels) sich nach abwärts krümmt und den Becher mehr oder weniger umschließt. Zugleich

treten eine Menge von radial gestellten flügelförmigen Fortsätzen und seitlich zusammengedrückten, am Ende abgerundeten Kegelchen auf. Im herangewachsenen

Abb. 6.
Knoppern in annähernd natürlicher Größe. *Ia* Knopper selbst; *b* Eichel; *c* Kupula; *d* Fruchtstiel. *II F* Fuß. *IIIFl* Flugloch. *IV* Knopper, welche die Eichel vollständig umwallt hat; *a* und *d* wie bei *I*.

Zustand ist die Knopper ungefähr 1,5 bis 2,5 cm lang und gewöhnlich sowohl der Becher als die Eichel noch erkennbar (Abb. 6, *I*); sehr oft kommt es jedoch auch

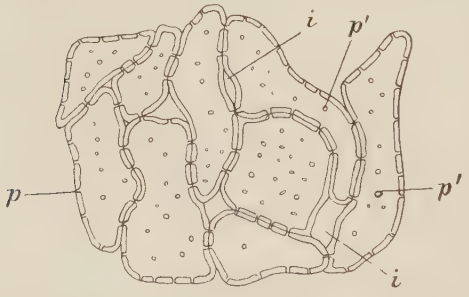


Abb. 7.
Tangentialschnitt durch das lockere (äußere) Parenchym der Knoppern. *p p'* Tüpfel der Zellwand. *i i* Interzellularräume. Vergr. 250 mal. (Nach Wiesner.)

vor, daß die Knopper die Kupula wie auch die Frucht ganz umwächst und von diesen beiden Teilen überhaupt nichts mehr zu sehen ist (Abbildung 6, *IV*). In jedem Auswuchs erscheinen zwei durch eine Querwand geschiedene Kammern. In der unteren liegt lose die sehr regelmäßige eiförmige Innengalle, deren Längsachse ungefähr 6—7, die Querachse 4—5 mm mißt. Die obere Kammer trägt ein natürliches Flugloch (Abb. 6, *III*). Von dieser Stelle, der Spitze der Galle, gehen die oben erwähnten radial gestellten Kiele aus. Damit die Gallwespe ausfliegen kann, muß sie die Innengalle und die quere Scheidewand durchbrechen, was im Februar oder März geschieht. Die ersten genauen Beobachtungen über die Knoppern gab Burgsdorff (69).

Die äußere Partie der Knopperwand ist glatt, glänzend, bräunlich gefärbt und besteht aus platten, höchst unregelmäßigen, polygonal begrenzten, nicht selten gebogenen Zellen mit farblosen Wänden und braunem, körnigem Inhalt. Die ausgewachsene Knopper besitzt keine eigentliche Oberhaut (70), da diese infolge des raschen Wachstums der Galle zerrissen und größtenteils abgeworfen wird. Nur hin und wieder lassen sich oberflächlich gelegene Reste der ehemals überall intakten Epidermis nachweisen. Am Fuß der Galle allein ist in dem erwähnten Altersstadium eine solche zu beobachten und zwar erscheint sie von der Fläche aus gesehen als ein engmaschiges Netz, das aus unregelmäßigen polygonalen, manchmal porös verdickten Zellen gebildet wird. Ein Querschnitt zeigt die einzelnen Elemente der Oberhaut einreihig angeordnet, nahezu quadratisch gestaltet, dünnwandig, mit kaum verdickter äußerer Wand. — Die der Außenschicht der Galle anliegenden Zellen werden nach innen zu allmählich größer, sind weniger abgeflacht, verhältnismäßig schwach verdickt und gehen in das eigentliche tiefbraun bis schwärzlich gefärbte Knopperngewebe über (Abb. 7). Dieses besteht aus mannigfach gestalteten, anscheinend ganz regellos angeordneten Parenchymzellen. Interzellularräume von verschiedener Größe liegen in großer Zahl nicht nur an der Vereinigungsstelle von 3—4 Parenchymzellen, sondern hie und da auch zwischen zwei aneinander stehenden Zellwänden. Letztere sind überall reichlich mit Tüpfeln besetzt und in der Nähe der Gefäßbündel oft verholzt. Die Innengrenze der Wandung wird durch dünnwandige, zusammengepreßte Schichten

des Parenchyms gebildet. — Die Gefäßbündel, kaum anders gebaut als die in den kleinasiatischen Galläpfeln vorkommenden, reichen bis in die Nähe der Oberhaut.

Die dünne Schale der Innengalle besteht aus kleinen typischen Sklerenchymzellen, die manchmal Oxalatkristalle führen.

Sowohl in der Außenschicht als im Parenchym tritt eisenbläuender Gerbstoff auf. Stärke und Kalziumoxalat sind in letzterem Gewebe nur in geringer Menge vorhanden.

Die Knoppern bilden für Österreich ein sehr wichtiges Gerbmittel in Form eines Mehles (Knoppernmehl), das naturgemäß durch Stengel, Blätter und Teile der Früchte sowie des Bechers der Eicheln verunreinigt ist (70); es wurde hier zuerst benutzt (30) und zwar schon seit langer Zeit. Nebenbei sei erwähnt, daß auch Knoppernextrakt in den Handel kommt.

Die Gallen entstehen Anfang des Sommers, werden im September, und zwar zwischen dem Beginn des Abfallens und dem auf die Knoppernreife folgenden ersten Regen hauptsächlich in Ungarn, Slawonien und der Bukowina eingesammelt. Die wichtigsten Märkte finden zu Pest, Oedenburg, Fünfkirchen und Wien statt. Betreffend Ausfuhr vgl. Hartwich (71).

W. Eitner (72) bestimmte bei österreichischen Knoppern verschiedener Provenienz den Gerbstoffgehalt, bezogen auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 12 %. Als Maximum beobachtete er 35,02 %, als Minimum 23,94% Gerbstoff. Auch von Hartwich (73) liegen Untersuchungen über den Gerbstoffgehalt deutscher, ungarischer und istrischer Knoppern vor. Letztere erwiesen sich mit 32,66 % als die gerbstoffreichsten.

Über die stickstoffhaltigen Bestandteile der Knoppern hat M. Nierenstein (74) gearbeitet. Ich bemerke hier, daß er das sog. Gallenwachs der Knoppern, der Gallen von *Quercus aegilops* L. (? des Verf.), hervorgerufen durch den Stich von *Cynips calicis*, untersucht hat.

b) Auf Pistacia-Arten vorkommende Gallen.

Verschiedene *Pistacia*-Arten (*P. vera* L., *P. terebinthus* L., *P. atlantica* Desf., *P. mutica* Fisch. et Meyer, *P. lentiscus* L., *P. khinjuk* Stoks, (*P. integerrima* Stew) (Anacardiaceae) liefern Gallen (75), die durch Aphiden (*Pemphigus cornicularius* Pass., *P. utricularius* Pass., *P. semilunarius* Pass. und *Aploneura lentisci* Pass.) hervorgerufen werden. Viele Fragen betreffs der Zusammengehörigkeit der Gallenerreger zu den einzelnen Pflanzenarten sind noch zu lösen. Nach Destefani-Perez (76) erzeugen die angeführten *Pemphigus*-Arten Gallen auf den drei erstgenannten *Pistacia*-Arten, *Pemphigus semilunarius* außerdem solche auf *P. mutica*. *Aploneura lentisci* lebt auf *Pistacia lentiscus*. Hier sollen nur die sog. Carobbe di Giudea und Gul-i-pista eingehender besprochen werden (77).

9. Carobbe di Giudea (Judenschoten, Pistazien- oder Terpentingallen, Carobbe del legno di Giudea, Galle en corne). Während diese gerbstoffreichen Gallen früher entwicklungsgeschichtlich als metamorphosierte Blätter resp. Blättchen (78) (foliola) angesprochen wurden, vertritt Starkenstein (79) die Ansicht, daß sie deformierte Zweigspitzen der *Pistacia terebinthus* L. (Anacardiaceae) sind. Von diesem werden auch Gallen erwähnt, die am Blattrande sitzen; durch Form und Aussehen unterscheiden sie sich gut von den hier zu besprechenden Judenschoten. Das Insekt, welches diese Auswüchse hervorruft, heißt *Pemphigus cornicularius*. Die Gallen besitzen die Gestalt einer oft 20 cm langen Hülse, sind oben zugespitzt, unten verschmälert, mehr oder weniger stark zusammengedrückt; ihre Außenfläche ist der Länge nach gerippt, frisch grün und häufig mit rötlichem Anflug versehen, klebrig, von balsamischem Geruch; in getrocknetem Zustande dagegen hart und spröde, klaffend und schwärzlich gefärbt. Die Wand ist kaum mehr als 1 mm dick. Die Oberfläche der äußeren Seite bilden kleine, tafelförmige Epidermiszellen, zwischen denen Harz sezernierende Drüsen auftreten, während die innere Epidermis aus nur rundlich vorgewölbten Zellen besteht. Die Gallen bestehen aus einem Parenchym, dessen Zellen mit festem, eisenbläuendem Gerbstoff erfüllt sind, und zwei ziemlich nahe aneinander stehenden konzentrischen Gefäßbündelkreisen, zwischen welchen eine dünne Schicht von Parenchymzellen liegt. An jedem Gefäßbündel läßt sich ein Bast- und ein Holzteil unterscheiden. In ersterem

treten schizogene Sekretgänge auf; letzterer besteht aus strahlig angeordneten, dickwandigen Holzzellen und wenigen engen Spiralgefäßen. In den Gefäßbündeln des äußeren Kreises sind die Sekreträume nach außen gewandt, die Gefäße nach innen, in denen des inneren Kreises ist das Lagerungsverhältnis umgekehrt.

Diese Gallen enthalten nach le Danois 60 % Gerbstoff, etwa 15 % Gallussäure, 4 % Harz und ätherisches Öl. Später hat Roncali (80) junge und alte Gallen chemisch analysiert und folgende Resultate, in Prozenten angeführt, erhalten:

		junge Galle %	alte Galle %
	Wasser	12,74	13,12
	Harz	11,88	11,09
	Tannin	11,07	10,56
Wässriger Auszug	Substanz durch Säuren fällbar	6,89	7,12
Wässriger Auszug	Mineralischer Rückstand	3,13	1,37
Wässriger Auszug	Substanz löslich in Wasser und färbende Substanz	19,40	11,80
	Stärke	6,21	6,59
	Glukosid	2,88	3,88
	N-freie Substanz	2,50	6,99
	Zellulose	18,27	20,52
	Asche	4,65	4,86

Nach Singh (81) enthalten die Gallen der *Pistacia integerrima* 75 % Gerbstoff.

10. Gul-i-pista (Blüte der Pistazie, echte Bokharagallen). Dieses Gerbmaterial gelangt aus Persien in den indischen Handel und besteht aus den sich auf *Pistacia vera* L. (Anacardiaceae) ausbildenden Gallen. Sie sind den Gallen sehr ähnlich, die von *Pistacia mutica, P. khinjuk* und *P. terebinthus* abstammen (82). Im trocknen Zustand sind sie gelblich mit einem rötlichen Anflug, birnförmig, oben zugespitzt, 6—20 mm lang. Die hornige Wand erreicht eine Dicke von 0,6—1 mm und ist außen und innen der Länge nach geadert.

Anatomisch unterscheidet sich diese Galle wenig von den oben besprochenen Carobben. Die Oberhaut und das unmittelbar darunter liegende Parenchym führen eisengrünenden, das übrige Grundgewebe eisenbläuenden Gerbstoff. Auch diese Gallen sind harzreich. Der Gerbstoffgehalt beträgt ungefähr 32 %.

c) Gallen, die auf Rhus-Arten entstehen.

11. Chinesische und japanische Galläpfel. (Gallae Chinenses et japonicae. Galles de Chine. Chinese galls, Oupeitze, Oong-poey.) Dieser billige und außerordentlich gerbstoffreiche Rohstoff bildet etwa seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts einen wichtigen Gegenstand des europäischen Handels. Die früheste verläßliche Nachricht über diese merkwürdigen Gebilde gab Geoffroy im Jahre 1724. Als im Jahre 1846 die ersten Zufuhren dieses Gerbmaterials nach Europa gelangten, wurden die Gallen von Guibourt (83) genauer untersucht, und diesem Forscher ist auch ihre erste eingehendere Beschreibung zu danken. Einen schätzenswerten Beitrag zur Kenntnis der chinesischen Gallen hat Schlechtendal (84) geliefert. Er war es, der, gestützt auf Angaben in Kämpfers Amoenitates exoticae, vermutete, daß diese Auswüchse auf einer Sumachart entstehen, und zwar stellte er die Hypothese auf, daß *Rhus chinensis* Mill. (Anacardiaceae) die Stammpflanze der genannten Gallen sei. Die genauesten Untersuchungen über die Abstammung und sowohl über die makroskopischen als über die bis dahin fast ganz unberücksichtigt gebliebenen mikroskopischen Kennzeichen gab Schenk (85). Er hat zunächst den Beweis erbracht, daß die chinesischen Gallen in der Tat von einer *Rhus*-Art abstammen. Er leitete sie von *Rhus semialata* Murray (Anacardiaceae) ab. Diese Anacardiacee ist ein ansehnlicher Strauch oder bis 8 m hoher Baum, einheimisch im nördlichen und nordwestlichen Indien, wo er bis in die Vorberge des Himalaya ansteigt, ferner in China, Japan und auf Formosa. Die Form der Blätter ist sehr veränderlich. Schwach geflügelte Blattstiele besitzt die in China und Japan vorkommende Varietät *Rhus Roxburghii* DC., breit geflügelte hingegen die auf Japan beschränkte *Rhus Osbeckii* DC. [Flückiger (86)].

Die ostasiatischen Gallen werden an Blattstielen, Fiederblättchen oder Zweigspitzen der erwähnten Sumach-Varietäten durch den Stich einer Blattlaus, *Schlechtendalia chinensis* Lichtenst. (*Aphis*

chinensis Doubleday), erzeugt. Wegen des Gallenerzeugers vgl. insbesondere die bei Hartwich und Flückiger (86) angeführte Literatur. Moeller (87) vertritt die Ansicht, daß die in Frage stehenden Gallen durch verschiedene Blattläuse hervorgerufen werden.

Vom Juli an bis September erntet man die Gallen; sie stellen aber nicht einfach getrocknete Sammelprodukte dar. In Japan (dort heißen sie Kifushi und Mimifushi) übergießt man nämlich das Gerbmaterial mit kochendem Wasser (in China wird es nur heißen Dämpfen ausgesetzt), um die eingeschlossenen Insekten zu töten, und trocknet hierauf die Ware 3—4 Tage an der Sonne (88).

Die chinesischen Gallen sind hohle, verhältnismäßig leichte (bis 12 g schwere), höchstens 8 cm lange Blasen und äußerst unregelmäßig gebaut, so daß eine zutreffende Beschreibung schwer gegeben werden kann. Im allgemeinen sind sie länglich oder verkehrt eiförmig gestaltet, mit zahlreichen längeren oder kürzeren, hohlen, geraden oder gekrümmten Höckern oder Fortsätzen versehen. Viele dieser höchst wechselvoll aussehenden Gebilde erinnern in der Form lebhaft an die bekannte Wassernuß (*Trapa natans* L.).

Die Oberfläche dieser Gebilde ist häufig, besonders gegen die sich zuspitzende Basis, fein gestreift und mit einem dicken, kurzen, grauen Filz bedeckt. Falls dieser abgerieben ist, kommt die rötlich-gelbe Farbe der Wand zum Durchbruch. Hartwich (89) beschreibt auch fast völlig kahle Gallen von birnförmiger Gestalt. Manchmal sind sie auch pflaumenförmig.

Die japanischen Gallen (90) sind im allgemeinen kleiner als die eben beschriebenen; sie werden durchschnittlich 4—6 cm lang und erreichen in ihren dicksten Teilen einen Umfang von 2—4 cm. Sie wiegen nur 4—5 g. Zahlreiche, meist stumpf geformte Höcker treten auf der Oberfläche auf, welche mit einem dichteren, heller gefärbten Filz versehen ist, als es bei den chinesischen Gallen der Fall ist. Nach Hartwich sind die japanischen Gallen als besondere Art zu streichen, aber als Handelssorte aufrecht zu halten.

Die Wandung der ostasiatischen Gallen ist meistens bis gegen 2 mm dick, sehr spröde, durchscheinend und hornig, der Bruch glänzend und glatt. Innerhalb der Höhlung findet man eine bedeutende Menge von Blattläusen und daneben flockige Knäuel von Fäden, wahrscheinlich Produkte der Insekten.

Die Oberhaut dieser Gallen besteht aus kleinen, nahezu kubisch geformten Zellen. Viele dieser Elemente erweitern sich gegen den Grund zu sackartig und bilden nach außen kurze, ein- bis zweizellige, mit geraden oder hakenförmig umgebogenen Spitzen versehene Haare, die das samtartige Aussehen der Gallen bedingen. Die Trichome färben sich, mit Kalilauge behandelt, intensiv goldgelb. Unter der Epidermis liegt ein zartes, tangential gestrecktes Parenchym, welches gegen die Mitte der Gallenwand allmählich an Größe zunimmt, um dann gegen die Innenwand zu wieder kleiner zu werden. Im Grundgewebe verlaufen zahlreiche Gefäßbündel, die aus zarten Spiralgefäßen, Siebröhren und einem großen Milchsaftschlauch bestehen. Auch sonst treten Milchsaft- und schizogene Sekretbehälter auf. Erstere sind mit einer farblosen, opaken, amorphen Substanz erfüllt. Die innere Grenzfläche des Gallenkörpers wird durch eine einschichtige Epidermis gebildet. Bargagli-Petrucci (91) hat eine eingehende anatomische Beschreibung der Gallen auf *Rhus semialata* und auf einigen andern *Rhus*-Arten nebst morphologischen Abbildungen gegeben. Nach Ishikawa (92) schwankt der Gerbstoffgehalt je nach dem Alter zwischen 58,82 und 77,38 %. Nach Manceau (93) ist die Zusammensetzung der chinesischen Gallen, in Prozenten ausgedrückt, folgende:

	%
Wassergehalt	12,22
Holzstoffsubstanz (Ligneux)	22,20
Tannin	57,47
Nicht-Tannin (anderweitige Bestandteile)	8,11

U. a. enthalten diese Gallen kleine Mengen von Gallussäure, Fett und Harz und etwa 2 % Asche.

12. Kakrásinghee. Der in den Bazaren Bombays feilgebotene Gerbstoff besteht aus Gallen, welche auf den Blättern der in Indien vorkommenden *Rhus Kakrásinghee Royle* und auch *R. succedanea* (Anacardiaceae) durch den Stich einer

Aphis-Art hervorgerufen werden. Über diese und die folgenden auf *Tamarix*-Arten vorkommenden Gallen vgl. Wiesner (8) und Hartwich (8). Die in Beziehung auf Gerbstoffmenge vielleicht selbst gegen die chinesischen Gallen nicht viel zurückstehenden Auswüchse haben ein so charakteristisches Aussehen, daß sie nicht leicht mit anderen Rohstoffen verwechselt werden können. Ähnlich den chinesischen Gallen sind sie mit weiter Höhlung versehen. Sie sind entweder einfach oder 2—4 lappig. Jeder Lappen oder die einfache Galle ist stark plattgedrückt, meist langgestreckt und zugespitzt, etwa 1—3 cm lang, 1—1,5 cm breit und 4 bis 6 mm dick, der Länge nach gerunzelt, kahl, außen gelbgrün, stellenweise oft lebhaft grün, innen bräunlich. Die Wände dieser Gallen sind 1—1,4 mm dick, von hornartiger Konsistenz; im Wasser erweichen sie und werden lederartig, wobei ihre Dicke sich verdoppelt bis verdreifacht und die Runzeln verschwinden. Fluglöcher kommen nur spärlich vor. Im Wasser sinken diese Gallen unter.

Die aus sehr unregelmäßig geformten und verschieden großen Zellen bestehende Oberhaut ist reich an Spaltöffnungen (50 im qmm), ein bis jetzt an Gallen noch nicht beobachteter Fall. In den Oberhautzellen tritt ein eisengrünender Gerbstoff auf. In dem außen klein-, innen großzelligen Parenchym tritt ein Farbstoff und reichlich eisenbläuender Gerbstoff auf. Stärke ist nur in der Nähe des Gefäßbündels nachweisbar. Im Parenchym liegen 1—3 Gefäßbündelzonen, in deren Gewebssträngen weder Harzgänge noch Milchsaftgefäße auftreten.

d) Auf Tamarix-Arten vorkommende Gallen.

Diese Gebilde stammen von mehreren *Tamarix*-Arten (Tamaricaceae) ab; man sammelt sie in Marokko, Tafelahet und Algier unter den Namen Tak'out oder Téggaout von *T. articulata* Vahl (*T. orientalis* Forsk.), von *Eriophyes Tlaiae* n. sp. erzeugt (94) und *T. africana* Poir. in Tripolis, in Persien von *T. gallica L. var. mannifera* Ehrbg. (unter dem Namen Gezmazedsch bekannt), in Arabien und Indien von *T. indica* und *furas*. (Nach dem Index Kewensis ist *T. indica* mit *T. gallica* und *T. furas* mit *T. articulata* synonym.) Die Gallen letzterer Spezies werden in den Bombay-Bazaren al Padwûs bezeichnet. Auch *Tamarix dioica* Roxb. liefert in diesen Gegenden Gerbmaterial. Die Gallen, die sich entwicklungsgeschichtlich von jungen Knospen bzw. Blüten ableiten (94), sind erbsen- bis nußgroß, von erdigem Aussehen und knollen- oder nierenförmiger Gestalt. Ihre Oberfläche ist völlig glanzlos, lichtbräunlich, stellenweise rötlich oder gelb. Die äußeren Partien sind etwas dichter als die inneren; aber keineswegs hornartig, vielmehr erdig. Im Innern dieser Gallen treten zahlreiche Höhlungen und an der Oberfläche meist viele, etwa 0,6 mm weite Fluglöcher auf.

Die Oberhaut besteht aus flachen unregelmäßig gestalteten Zellen, die einen eisengrünenden Gerbstoff führen. Spaltöffnungen sind nicht vorhanden. Unterhalb der Epidermis liegt ein zunächst in tangentialer Richtung gestrecktes Parenchym, das weiter nach innen zu isodiametrisch wird. Diese Zellen führen neben Stärke und etwas Kalziumoxalat eisenbläuenden Gerbstoff. Die die Höhlungen auskleidenden Zellen sind öfters papillös vorgewölbt.

Von den eben beschriebenen Zellen unterscheiden sich die von v. Vogl erwähnten dadurch, daß nur ein Flugloch vorhanden ist, in der Epidermis Spaltöffnungen vorkommen und die Gefäßbündel von sklerotischen Zellen begleitet sind.

Indische Gallen von *T. gallica* L., *articulata* Vahl. und *T. dioica* Roxb. enthalten bis zu 50 % Gerbstoff (81).

C. Literatur.

1. E. Küster, Die Gallen der Pflanzen. Leipzig 1911, S. 2 ff. Vgl. auch E. Küster: Patholog. Pflanzenanat. 3. Aufl. Jena 1925, 184 ff.; E. Küster, Über die Gallen der Pflanzen, in Abderhaldens Fortschritte d. naturw. Forschung Bd. VIII. Berlin-Wien 1913; Darboud et Houard, Galles de Cynipides. Nouv. archives Mus. hist. nat. Paris 1907, Bd. IX, 173; A. B. Frank, Die Krankheiten der Pflanzen Bd. III. Breslau 1896; C. Houard, Les zoocécidies des plantes d'Europe et du bassin de la Méditerrannée, 2. Bd. Paris 1908; H. Ross, Die Pflanzengallen (Cecidien) Mittel- u. Nordeuropas. Jena 1911; Sorauer, Handb. d. Pflanzenkrankheiten Bd. III, bearb. v. Reh, Berlin 1913; eine

4. Aufl., hersaug. v. O. Appel, P. Graebner u. Reh ist im Erscheinen begriffen (Bd. IV u. V, die tierischen Feinde); L. Reutter, Traité de matière médicale. Drogues végétales, Drogues animals et de chemie végétale. Paris 1923.
2. H. Bodenstab, Die wichtigsten Gerbstoffpflanzen der deutsch-afrikan. Schutzgeb. in Tropenpflanzer XVII (1913), 463 ff; vgl. auch Hartwich, üb. d. Ein- und Ausfuhr v. Gerbmaterialien in Deutschland. Beih. z. Tropenpfl. I (1900), 19.
3. G. Mayr, Die mitteleurop. Eichengallen in Wort u. Bild. Wien 1870/71, Neuaufl., Berlin 1907.
4. G. A. Olivier, Voyage de l'emp. ottomane. Paris 1801—1808. S. 64 ff.
5. Vgl. 1) Küster: Die Gallen der Pflanzen, S. 84 ff.
6. Traill, Über das Wachstum der Gallen. The Chemist and Druggist (1891), 227.
7. Lacaze-Duthiers, Recherches pour servir à l'histoire des galles. Ann. de sciences nat. XIX (1853), 3. Serie.
8. Vgl. J. Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreichs, die früheren Auflagen; C. Hartwich, Übersicht der techn. u. pharm. verwendeten Gallen. Arch. Pharm., **221** (1883); **243** (1905), 584 ff.; Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl. 1891; v. Vogl, Kommentar z. 7. Aufl. d. österr. Pharmakopoe II, Wien 1892.
9. Zum Bestimmen der Gallentiere dienen unter andern: Dalla Torre u. Kieffer, Cynipidae in „Das Tierreich", Berlin 1910; M. Riedel, Gallen u. Gallwespen, Stuttgart 1910; E. H. Rübsaamen, Die Zoocecidien Deutschlands u. ihre Bewohner, Zoologica, Heft **61** (1911).
10. Beijerinck, Beobachtungen über d. ersten Entwicklungsstadien einiger Cynipidengallen. Verh. d. Kgl. nederl. Ak. d. Wet. Amsterdam (1882); Über das Cecidium v. *Nematus Capreae* auf *Salix amygdalina*. Bot. Ztg., **46** (1888), 6.
11. F. Weidel, Beitr. z. Entwicklungsgesch. und vergl. Anatomie der Cypidengallen der Eiche. Flora od. allg. bot. Ztg., Neue Folge II (1911), 279 ff.
12. H. Roessig, Zool. Jahrb. Abt. f. Systematik, **20** (1904), 19.
13. Billroth Über die Einwirkungen lebender Pflanzen- und Tierzellen aufeinander. Samml. mediz. Schriften, herausgeg. v. d. Wiener Klin. Wochenschr., Wien (1890), 38.
14. W. Magnus, Experimentell-morpholog. Unters. Ber. bot. Ges., **21** (1903), 132; Die Entstehung der Pflanzengallen usw. Jena 1914.
15. Beijerinck, Über das Cecidium von *Nematus capreae* auf *Salix amygdalina*. Bot. Ztg., **46** (1888), 132 ff.
16. M. Molliard, Remarques physiologiques relatives au determinisme des galles. Bull. Soc. Bot. France, T. **57** (1910), 24.
17. G. Haberlandt, Zur Physiologie d. Zellteilung, Sitzber. Kgl. pr. Ak. d. Wiss. Berlin. Phys.-math. Kl. I. (1913), 318 ff; II. (1914), 1096; III. (1919), 322; IV. (1919), 721; ferner: Wundhormone als Erreger v. Zellteilungen, in Beitr. z. allgem. Botanik, herausgeg. von Haberlandt, Bd. II (1921). Benecke-Jost: Pflanzenphysiol. Jena 1923. II, 82 ff.
18. Beijerinck a) Over de levensgeschiedenis van *Cynips calycis*, hare wisselgeneratie en de gallen daaraan. Verh. Kgl. Ak. d. Wetensch. Amsterdam (1896), II. Sectie, Teil IV, Nr. 2; b) Über die sexuelle Generation von *Cynips Kollari*, Marcellia, **1** (1902), 13.
19. Koch, F., Beiträge zur Kenntnis der mitteleuropäischen Galläpfel. Arch. Pharm., **233** (Berlin 1895), 52.
20. Schroeder, Unters. über den Wassergeh. der gebräuchlichsten Gerbmaterialien, Dingl. polyt. Journ., **292** (1894), 284.
21. Koch, F. (vgl. 19). — Manceau, M. E., Sur le tannin de la Galle d' Alep et de la Galle de Chine (Thèse). Epernay 1896. Mit zahlreichen Literaturnachweisen.
22. Schroeder, Bartel, Schmitz-Dumont, Über Zuckerbestimmung und die Zuckergehalte der Gerbmaterialien usw. Dingl. polyt. Journ., **293** (1894), 229 ff.
23. Koch, F. (vgl. 19), S. 56.
24. Kunz-Krause und Schelle, Über die Zyklogallipharsäure, eine neue, in den Galläpfeln vorkommende, zyklische Fettsäure. Arch. Pharm., **242** (1904), 257.
25. Koch, F. (vgl. 19), S. 68 ff. — U. a. wurde auch Ellagsäure in den Galläpfeln, aus denen sie zuerst dargestellt wurde, als fertig gebildet vorkommend angeführt.
26. Vgl. auch Vandevelde, A. J. J., Bejdroage tot de physiologie der gallen. Het aschengehalte der aangetocte bladeren. Bot. Jaarb. Dodonnaea, 8 (1896), 102.
27. Wiesner, J., Rohstoffe, 1. Aufl. (Leipzig 1873), 798.
28. (s. 4).
29. (s. 3), S. 15.
30. Boehmer, Techn. Geschichte der Pflanzen. Leipzig 1794.
31. Adler, Dtsche. entomol. Ztschr., **21**.
32. Vgl. Zwiedinek J. v. Südenhorst, Syrien u. s. Bedeutung f. d. Welthandel. Wien 1873, S. 41 ff.
33. Vgl. Raccolta ed esportazione delle noci di galla a Smirna. Boll. della Camera ital. di Commercio in Smirna, **2** (1902), 654.
34. Martiny, Enzyklop. d. med. pharm. Naturalien- und Rohwarenkunde, 1854, II, 9.
35. Hartwich, C., Arch. Pharm., **243** (1905), 585.
36. Ebenda, S. 825.
37. Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie I, Wien und Leipzig (1889), 104.
38. Hartwich, C., Über Gerbstoffkugeln u. Ligninkörper in der Nahrungsschicht der Infektoria-Gallen. Ber. bot. Ges., **3** (1885), 146 ff.
39. Tunmann, S., Pflanzenmikrochemie. Berlin (1913), 251 ff.
40. Czapek, Biochemie d. Pflanzen. Jena 1921, III, 515.
41. Küster, Beitr. z. Kenntnis d. Gallenanatomie. Flora, 87 (1900), 168.
42. Manceau, M. E., Sur le tannin de la Galle d'Alep et de la Galle de Chine (Thèse). Epernay 1896. Frühere Analysen (zahlr. Literaturnachweise) sind ebenda angeführt.

43. Roncali, F., Marcellia III (1904), 54 u. IV (1905), 26.
44. Stockert und Zellner, Chemische Untersuchgn. über Pflanzengallen. Hoppe-Seylers Z. f. physiol. Chem., **90** (1914), 495 ff.
45. Wiesner, Rohstoffe, 1. Aufl., S. 796.
46. Moeller, J., Über das Gerbmaterial Rove. Dingl. pol. Journ., **239** (1881), 152 ff. Vgl. auch Hartwich, Arch. Pharm., **221** (1883) 828 ff. u. **243** (1905).
47. Mayr, G., Der Erzeuger der Sodomsäpfel. Wiener entomol. Z., **20** (1901), 65.
48. Ebenda, S. 66.
49. Eitner, Der Gerber, **4** (1878), 14.
50. (s. 46), S. 154, Anm.
51. Stöckel, J. M., Über Rove. Der Gerber, **9** (1883), 174.
52. Hartwich, Arch. Pharm., **221**, 830.
53. Der Gerber **4** (1878), 15 u. 52; **6** (1880), 65; **7** (1881), 15; Moeller (vgl. 46), 156.
54. Manceau (vgl. 42), S. 62.
55. (vgl. 8), Vogl, Kommentar S. 396.
56. Hartwich (vgl. 46), 828.
57. Guibourt, Histoire des drogues, **2**.
58. Abl, Über die Familie der Gallwespen usw. in Wittsteins Vierteljahrschrift für prakt. Pharmazie, **6** (1857).
59. Graeffe, E., Beitr. z. Kenntn. d. gallenbewohnenden Cynipiden. Triest 1905, S. 20 des Sonderdrucks.
60. Hartwich (vgl. 46), 831 ff.
61. Massalongo, C. B., Le galle nella flora italica. Memorie dell' accademia d'agricoltura etc. di Verona. Vol. LXIX, Ser. III, Fasc. I. Verona 1893. Daselbst ein ausführl. Verz. d. Gallenliteratur überhaupt.
62. Tod, W., Arch. Pharm., **84**, 9 ff.
63. Beijerinck (vgl. 18b), 150.
64. Weidel (vgl. 11), 323.
65. Graeffe (vgl. 59), 21.
66. Koch (vgl. 19).
67. Hartwich in J. Moeller-Thoms Realenzyklop. d. ges. Pharm., **5** (1905), 497.
68. Schuster, L., Die Knoppern-Gallwespe. Nerthus, **7** (1906), 123.
69. Burgsdorff, Schriften der Berl. Ges. naturforschender Freunde, IV (vgl. auch Mayr 3), 65.
70. Moeller, Knoppern und Valonea. Chem. Ztg. (1901), 73, S. 10 des Sonderdruckes.
71. Hartwich (vgl. 2).
72. Eitner, Die Knoppern im Jahre 1884. Der Gerber, **10** (1884), 269.
73. Hartwich, Arch. Pharm., **243** (1905), 591.
74. Nierenstein, M., Zur Kenntnis der stickstoffhaltigen Bestandteile der Pflanzengallen. Hoppe-Seylers Z. f. physiol. Chem., **92** (1914), 53 ff.
75. Hartwich (vgl. 46).
76. Destefani-Perez, I Zoocecidii sulla piante del genere Pistacia. Nuovi annali di agricult. sicil., **13** (1902), 207; Ref. Marcellia, **1**, 76.
77. Vgl. Wiesner, J., Die techn. verw. Pflanzenstoffe Indiens, in Fachmänn. Berichte über die österr. Exped. n. Ostasien, K. v. Scherzer, Stuttgart 1872.
78. Courchet, Etude sur le groupe des Aphides etc.; Montpellier, 1878. — Derselbe, Étude sur les galles produites par les Aphidiens; Montpellier 1879.
79. Starkenstein, E., Über Gallen von Pistacia terebinthus L. Lotos, **59** (1911), 194 ff.
80. Roncali, Contributa alla studio della composizione chimica delle galle. La galla del Pemphigus cornicularius. Marcellia, **4** (1905), 26.
81. Singh, P., Indian Forester, **37** (1912), 160.
82. Vgl. Hartwich, Arch. Pharm. **221** (1883).
83. Guibourt, Revue scientifique etc. 1846. Hier auch Geoffroys Angaben über diesen Gegenstand.
84. Schlechtendal, Bot. Zeitg. (1850), 7 u. 664. Dort auch der Hinweis, daß Oken die chines. Gallen bereits erwähnte.
85. Schenk, Über die chinesischen Galläpfel. Buchners Repert., 3. Bd., V, 28 ff.
86. Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl. (1891), 272.
87. Moeller, Österr. Bericht üb. d. Weltausst. Paris 1876; Gerb- u. Farbmaterialien, S. 45.
88. Ishikawa, J., Materials containing tannin used in Japan. Chem. News. (1880), 275.
89. Hartwich, Arch. Pharm. **219** (1881), **31** u. **243** (1905), 595.
90. Hartwich, Über die japanischen Gallen. Ebenda, **222** (1884), 904 ff. — Rein, J., Japan nach Reisen und Studien, **2** (Leipzig 1886), 212.
91. Bargagli-Petrucci, Cecidi della Cina. Nuovo giornale bot. ital., **14** (1907), 240.
92. Ishikawa, Dingl. polyt. Journ., **140**, 68; vgl. auch
93. Manceau (vgl. 42).
94. Trabut, La galle du Tamarix articulata dite Tak'out an Maroc. Bull. soc. d'Hist. nat. de l'Afrique du Nord, T. VIII (1917), Alger. S. 29; vgl. auch Hartwich (8), 889 ff. u. A. v. Vogl, Lotos 1875.

W. Figdor.

Gummiarten.

(Neu bearbeitet von W. v. Brehmer, Chemischer Teil von S. Zeisel.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	965
I. Begriffsbestimmung	965
II. Physikalische u. naturgeschichtliche Charakteristik	966
III. Chemische Charakteristik und Konstitution	973
IV. Entstehung des Gummi in der Pflanze	983
B. Besonderer Teil	987
I. Vorkommen des Gummi	987
II. Besondere Betrachtung der Gummiarten	993
1. Akaziengummi	994
a) Arabisches Gummi	996
b) Senegalgummi	998
c) Deutsch-afrikanische Gummiarten	1002
d) Ostindisches Gummi	1004
e) Australisches Gummi	1005
f) Andere Akaziengummiarten	1005
2. Feroniagummi	1009
3. Anakardiumgummi	1009
4. Mesquitegummi	1010
5. Prunoideengummi	1010
6. Tragant s. Schleime B, II, 16	
7. Kokosgummi	1012
8. Chagualgummi	1013
9. Gummi von *Cochlospermum gossypium*	1016
10. Gummi von *Moringa pterygosperma*	1017
11. Anhang (Perugummi)	1017
C. Literatur	1018

A. Allgemeiner Teil.

I. Begriffsbestimmung. Die natürlichen Gummiarten sind den Kohlenhydraten sehr nahestehende Pflanzenstoffe, welche im Aussehen mit dem wichtigsten Vertreter dieser Rohstoffe, dem bekannten arabischen Gummi, mehr oder weniger nahe übereinstimmen, sich gewöhnlich auch wie dieses in Wasser zu einer im konzentrierteren Zustande dicklichen Flüssigkeit lösen, manchmal aber nur unter teilweiser Lösung darin zu einem fadenziehenden Schleim oder einer Gallerte aufquellen. Allen Gummiarten gemeinsam ist ihre völlige Unlöslichkeit in starkem Alkohol, in Äther und ähnlichen Lösungsmitteln der Harze und die Fähigkeit, beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure schließlich zum größeren Teile — jedoch niemals vollständig — in einfache Zuckerarten (Glukosen) aus der Gruppe der Pentosen $C_5H_{10}O_5$ und der Hexosen $C_6H_{12}O_6$ überzugehen, wobei sich nach Berthelot[10]) Dextrin bilden sollte, was spätere Untersuchungen aber nicht bestätigt haben.

Körper dieser Art, deren physikalische und chemische Eigenschaften später noch eingehender behandelt werden sollen, bezeichnet man als Gummi, sie sind eine Körpergruppe, die im Pflanzenreich ungemein verbreitet ist. Über die Herkunft des Wortes »Gummi« s. B, II, 1, a, bei Besprechung der Geschichte des arabischen Gummi. Anfangs bezog sich dieses Wort ausschließlich auf das arabische Gummi. Später wurden ähnlich aussehende Körper, darunter auch viele Harze, selbst das sogenannte Federharz, nämlich der Kautschuk, als Gummi bezeichnet. Kautschuk wurde viel häufiger als *Gummi elasticum* wie als *Resina elastica* bezeichnet. Wenn nun bald darauf das Wort Gummi im heutigen Sinn genommen wurde, nachdem der Begriff eine naturwissenschaftliche Begrenzung gefunden hatte, so schlägt die alte Bezeichnung doch noch oft genug durch, da moderne Gebrauchsgegenstände als Gummi bezeichnet werden, die naturwissenschaftlich diesen Namen nicht verdienen. Zahlreiche aus Kautschuk dargestellte Fabrikate werden häufig als Gummiartikel bezeichnet (Gummischuhe, Gummimäntel usw.); aber man spricht auch von einer Gummiindustrie, man nennt den bei uns als Topfpflanze häufig kultivierten ostindischen Kautschukbaum (*Ficus elastica*) Gummibaum; eine verbreitete dem Kautschukhandel und der Kautschukindustrie dienende Zeitschrift führt den Namen »Gummizeitung«, das oft gebrauchte Wort »Gummiindustrie« bezieht sich ausschließlich auf Kautschuk und ähnliche Körper (Guttapercha und Balata) usw. Es werden solche falsch ange-

wandten Ausdrücke wohl nur selten irreführen, auch läßt sich gegen eine derartige Terminologie nicht ankämpfen. Aber eine solche fehlerhafte Wortanwendung ist doch zu beklagen und sollte vernünftigerweise möglichst vermieden werden.

Tritt das Gummi in normalen Geweben als nie fehlender Bestandteil auf, so wird es als physiologisches Gummi bezeichnet, wobei es gleichgültig ist, ob es einen Bestandteil der Zellhaut bildet, wie

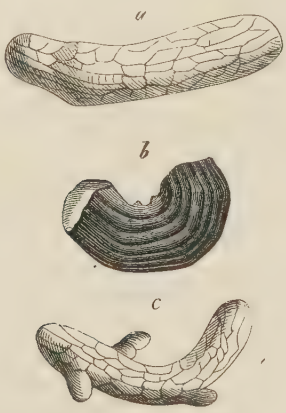


Abb. 1.
Senegalgummi. *a, b* wurmförmige Stücke. *c* astförmiges Stück. Natürliche Größe.

das Holzgummi, oder ob es im Inhalt der Zellen gelöst vorkommt, wie das Gummi der Hefe oder der Runkelrübe. Bildet sich aber das Gummi infolge spontan entstehender oder künstlich hervorgerufener Verletzungen, so wird es als pathologisches Gummi bezeichnet. Es tritt häufig massenhaft aus der Rinde hervor oder sammelt sich vor dem Austritt zuerst im Holzkörper an. Es dient dem Verschluß von Wunden. In der Rohstofflehre haben wir es ausschließlich mit pathologischem Gummi zu tun. Die Scheidung des natürlichen Gummi in physiologisches und pathologisches wurde gleichzeitig von J. Moeller[79]) und Tschirch[113]) vorgenommen. Die oben durchgeführte Scheidung schließt sich mehr dem Moellerschen Ideengang an.

II. Physikalische und naturgeschichtliche Charakteristik.

Die **Form** der natürlichen Gummiarten ist meist sehr veränderlich und wenig bestimmt: rundlich, knollenförmig und nur in seltenen Fällen charakteristisch. So finden sich im australischen Gummi häufig halbkugelige Stücke vor. Als Senegalgummi kommen Sorten in den Handel, welche wurm- oder astförmig gestaltet

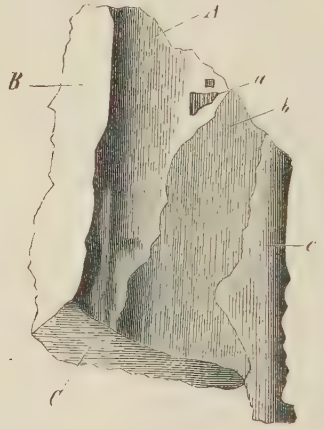


Abb. 2.
Chagualgummi. *A* konkave Innenseite eines Bruchstückes. *B* radiale Längsbruchfläche. *C* Querbruchfläche. *a, b* anhaftendes Oberhautgewebe. *c* Abdruck der Skulptur des Stammes, über den sich das Gummi ergoß. Natürliche Größe.

Abb. 3.
Stalaktitische Form des Gummi von *Anacardium occidentale*. *a, a* Bruchfläche, senkrecht zur Richtung der stengelförmigen Stücke. Natürliche Größe.

sind (Abb. 1); das Chagualgummi besteht aus Fragmenten hohler Zylinder (Abb. 2); das Anacardiumgummi ist häufig stenglig oder stalaktitisch (Abb. 3); manche Tragantsorten (Blättertragant) setzen sich aus abgeplatteten bis blätterförmigen, andere (Fadentragant) aus fadenförmigen Stücken zusammen und dergleichen mehr (Abb. 4).

Die **Oberfläche** ist bei manchen Gummiarten für das freie Auge glatt, eine Folge

anscheinend vollkommen gleichmäßiger Zusammenziehung beim Eintrocknen. Dies gilt beispielsweise für das Gummi von *Moringa pterygosperma* und von *Anacardium occidentale*. Der Tragant (Blättertragant) erscheint gestreift, desgleichen auch die wurmförmigen Stücke des Senegalgummi (Abb. 1, *b*, Abb. 4, *c*), welche aber später, wie wir gleich sehen werden, einen rissigen Charakter annehmen können. Auch das Chagualgummi ist an seiner Innenseite gestreift (Abb. 2). Während aber beim Tragant- und Senegal-

Abb. 4.
Blättertragant. *A, B* Flächenansichten. *A', B'* Seitenansichten. Natürliche Größe. *C* Flächenansicht bei zweimaliger Vergrößerung, um die auf die Zonenrichtung beiläufig senkrecht verlaufende Streifung zu veranschaulichen.

gummi die Streifung auf einer ungleichmäßigen Zusammenziehung des Gummi beim Eintrocknen beruht, ist sie beim Chagualgummi ein Abdruck der Oberhaut des Stengels, an dem sich dieses Gummi abgesondert hat.

Charakteristisch für viele Gummiarten ist die Bildung von Rissen. Während den sehr zähen Gummiarten die Rißbildung fehlt (Tragant), ist sie an allen spröden Gummiarten stark ausgeprägt, z. B. am arabischen Gummi, und reicht hier häufig bis ins Innere, während sie bei anderen auf die Oberfläche beschränkt bleibt.

Wiesner[125]) unterschied zwei Arten von Rißbildungen: klaffende Risse und solche, bei welchen die Rißflächen dicht nebeneinander bleiben. Sie bezeichnet er zum Unterschiede von den klaffenden Rissen als Sprünge.

Immer sind die Risse die Folge ungleichmäßiger Zusammenziehung, welche entweder langsam bei der durch allmähliche Wasserabgabe vermittelten Volumsabnahme der Gummimassen, bei vollkommen trockenem Gummi auch durch Stoß oder Druck erfolgt.

Die klaffenden Risse entstehen

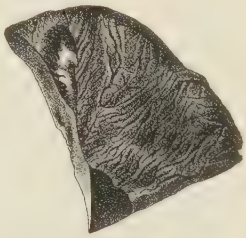


Abb. 5.
Unregelmäßige Rißbildung an der Oberfläche von im Wasser unvollkommen löslichem, zähem Akaziengummi. Vergrößerung 1½mal.

Abb. 6.
Bruchfläche eines Gummistückes einer Sorte von Somaligummi mit strahligem Gefüge. Vergrößerung 2mal. (Aus der Sammlung des bot. Museums in Berlin).

bei rascher Zusammenziehung noch weicher, wasserreicher, also noch lange nicht lufttrocken gewordener Gummistücke, während sich die Sprünge an bereits trocken gewordenen Gummimassen bilden, wenn sie eben in den lufttrockenen Zustand übergehen. Die Bildung klaffender Risse erfolgt nur in der Oberfläche der natürlichen Gummimassen und ist meist spärlich. Bei zähen Gummiarten bleibt die Rißbildung auf dieser Stufe stehen (Abb. 5), während bei den spröden Gummiarten sich die Sprungbildung zu dieser gesellt.

Diese Sprungbildung ist bei manchen Gummiarten auf die Oberfläche beschränkt, bei anderen Arten greift sie tief ins Innere hinein und kann sich sogar — in manchen Fällen strahlenförmig — bis zum Zentrum des Kornes fortsetzen (Abb. 6).

Merkwürdig verhält sich in Beziehung auf Rißbildung das Senegalgummi. Wie bei allen Arten von Akaziengummi kann an dieser Gummiart die Bildung klaffender Risse vorkommen, was keine Seltenheit ist. Bei weiterer Eintrocknung stellt sich aber Sprungbildung ein, wobei zunächst Sprunglinien gebildet werden, welche sich

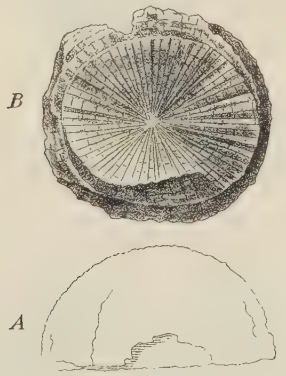


Abb. 7.
Senegalgummi. *A* Umriß eines halbkugelförmigen Stückes. *B* dasselbe, um die radial und tangential orientierten Sprunglinien auf der Oberfläche der flachen Seite des Stückes zu zeigen. Vergr. 1½mal.

gewöhnlich mehr oder minder regelmäßig netzartig vereinigen (Abb. 1, *a*, *c*). An runden Stücken tritt die Regelmäßigkeit der Netzbildung schärfer hervor und an halbkugeligen Stücken sind auf der flachen Seite die Rißlinien radial angeordnet und die radialen Sprünge durch tangential verlaufende so regelmäßig verbunden, daß die Rißbildung einem Spinnwebennetze gleicht (Abb. 7). Beim Senegalgummi greift aber die Rißbildung gewöhnlich über die Oberfläche hinaus: es bildet sich eine von Rissen durchzogene, infolge hohen Luftgehaltes weißliche, opake Kruste aus, welche das homogen und dunkler erscheinende Innere jedes Korns bedeckt (Abb. 8). Durch diese Merkmale unterscheidet sich das Senegalgummi selbst in seinen besten Sorten von dem arabischen Gummi, bei welchem stets tief eingreifende Rißbildung vorkommt. Diese morphologischen Verhältnisse ermöglichen es, die guten und besten Sorten des Senegalgummi von den besten Sorten des arabischen Gummi (Kordofan) zu unterscheiden.

In Beziehung auf die Qualitäten der Akaziengummen bietet die Beachtung der Rißbildung Anhaltspunkte, um die schlechten Sorten von den guten zu unterscheiden. Alle guten Sorten zeigen Sprungbildung, während die schlechten (zähen, an bloß quellbarem Gummi reichen) Sorten entweder gar keine Rißbildung aufweisen oder bloß klaffende Risse erkennen lassen. Doch sind diese durch die Rißbildung charakteristischen Typen selbstverständlich durch Übergänge verbunden. Es ist hier noch zu erwähnen, daß an manchen zähen Gummiarten (z. B. Kirschgummi) während der ganzen Zeit der Zusammenziehung entweder die Oberfläche vollkommen glatt geblieben oder von klaffenden Rissen durchsetzt ist. Auch bei den besten Gummisorten (Kordofangummi) finden sich Sorten mit klaffenden Rissen und Sorten ohne solche. Dies leitet zu der Ansicht, daß die Bildung der klaffenden Risse mit der Art der Eintrocknung der natürlichen Gummimassen im Zusammenhang steht. Wahrscheinlich ziehen sich alle Gummiarten bis etwa zur Erreichung des lufttrocknen Zustandes gleichmäßig zusammen, wenn die Wasserabgabe langsam vor sich geht; hingegen bilden sich bei rascher

Abb. 8.
Ein Stück Senegalgummi, quer durchbrochen. *a* Bruchfläche, glänzend, homogen. *b* rissige, das ganze Stück umkleidende Hülle. Natürliche Größe.

Wasserabgabe schon in noch verhältnismäßig wasserreichem Zustande klaffende Risse. Für die Untersuchung der Gummiarten ist also die An- oder Abwesenheit der Sprungbildung wichtiger als die Art der Rißbildung (klaffende Risse oder Sprünge).

Eine absolut gleichmäßige Zusammenziehung wird bei der Eintrocknung der natürlichen Gummimassen wohl niemals vorkommen, so daß sie oberflächlich nie vollkommen glatt sind, wie der Augenschein vermuten läßt. Vielmehr erkennt man, daß selbst an der dem freien Auge glatt erscheinenden Oberfläche der Körner jene Skulpturen der Oberfläche sich bei mikroskopischer Untersuchung wiederholen, welche man an manchen Gummiarten schon mit freiem Auge beobachtet (Streifung, Körnelung usw.).

Mikroskopisches Verhalten der Gummiarten. Abgesehen von der Oberfläche, die sich wohl immer, in der Regel sehr scharf, in morphologischer Beziehung vom Innern der natürlich begrenzten Gummimassen unterscheidet, erscheinen letztere dem freien Auge vollkommen homogen. Bei mikroskopischer Untersuchung bleibt dieser Charakter entweder erhalten (gewöhnlicher Fall), oder es geben sich Strukturverhältnisse kund, welche auf solche Gewebe zurückzuführen sind, aus denen sich durch chemische Metamorphose die Gummiarten gebildet haben. Für manche Gummiarten (z. B. für das Moringagummi) sind diese im Rohstoff noch mehr oder minder deutlich hervortretenden organischen Strukturen charakteristisch. Es scheint daher zweckmäßig, diese Strukturverhältnisse an anderer Stelle, nämlich in dem der Entstehung des Gummi in den Pflanzengeweben gewidmeten Abschnitt IV im Zusammenhang zu erörtern.

Abgesehen von den hier berührten organischen Strukturen erscheint die Gummimasse strukturlos und gewöhnlich homogen wie Glas. Doch tritt häufig Luft, teils die oben genannten Sprünge erfüllend, teils in Form von Luftblasen im Gummi auf, und zwar manchmal in solchen Massen, daß das Gummi ganz schaumig oder bimssteinartig aussieht, entweder bloß unter dem Mikroskop, oder sogar für das freie Auge.

Manche Gummiarten erscheinen im ganzen allerdings glasartig, aber im Mikroskop zeigt sich stellenweise ein feiner schlierenartiger Hauch, der sich schwer definieren läßt und anzeigt, daß das betreffende Gummi optisch nicht vollkommen homogen ist. Diese Schlieren sind in verschiedenen Akaziengummiarten, ver-

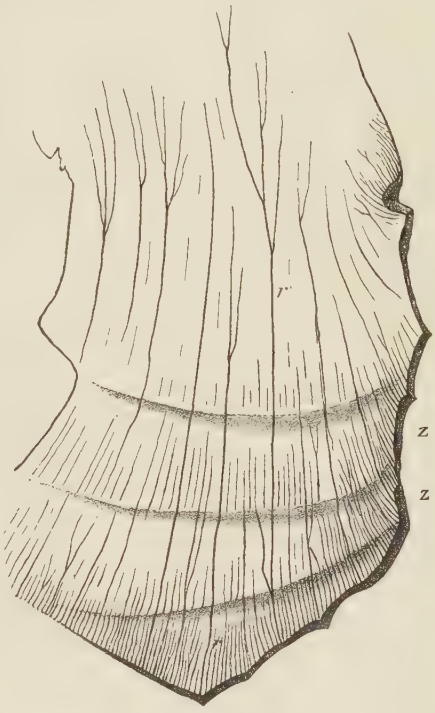


Abb. 9.
Bruchfläche von einem Stück arabischen Gummi. Die Rißlinien *r r* stehen genau oder *nahezu senkrecht auf den Zonen* (z) *der Muschel*bruchfläche. Nach links ist die Fläche unbegrenzt. Vergrößerung 40 mal.

hältnismäßig häufig im Senegalgummi zu beobachten.

Der **Bruch** der Gummiarten ist gewöhnlich muschlig, was an größeren Stücken schon mit freiem Auge erkennbar ist. An mikroskopischen Stücken wird der muschelige Bruch dadurch sichtbar, daß die gekrümmte Fläche zonenartig gegliedert erscheint. Die muschlige Bruchfläche ist radial von zahlreichen Rißlinien durchzogen, welche die eben erwähnten Zonen reichlich in senkrechter Richtung durchsetzen (Abb. 9). Kurze Rißlinien sind gewöhnlich geradlinig, während die langen verzweigt erscheinen, indem von einem größeren Risse (»Sprung«; s. oben) meist

unter sehr spitzen Winkeln kleinere Seitenrisse ausgehen (Abb. 9).

Die Bruchflächen lassen gewöhnlich keine bestimmte Orientierung erkennen. Nur bei stengligen oder stalaktitisch geformten Gummimassen (z. B. beim Anakardiumgummi; s. Abb. 3) stehen sie häufig senkrecht zur Längsrichtung der Stücke. Infolge der Zusammenziehung beim Eintrocknen erscheinen solche von zahlreichen Querrissen durchsetzt.

Farbe. Völlig farblose Gummiarten gibt es nicht. Die besten Sorten von Akaziengummi sind nahezu farblos, haben aber stets einen Stich ins Gelbliche. Gewöhnlich liegt die Farbe der Gummiarten zwischen blaßgelb und einem hellen Bräunlichrot. Chagualgummi und Feroniagummi sind zumeist schön topasgelb, manche Sorten von Prosopisgummi (Mesquitegummi) tief zirkonrot. Auch manche geringe Akaziengummi haben eine zirkonrote bis tiefbraune Farbe. Tief braunschwarz ist das Gummi der *Moringa pterygosperma*.

Bei tief gefärbten Gummiarten, die aus in Wasser leicht löslichen und schwer- bis unlöslichen Gummibestandteilen zusammengesetzt sind (Prosopisgummi, Enterolobiumgummi usw.), läßt sich der erstere Anteil durch Wasser leicht ausziehen, der letztere bleibt gefärbt zurück. Der in Wasser lösliche Anteil des Gummi erscheint weingelb gefärbt, die im Wasser gequollene Masse zeigt eine rötlich bräunliche bis bräunliche Farbe. Durch Kali bleibt sie unverändert oder sie geht bei gequollenem Gummi noch mehr ins Braune über, durch Salzsäure hingegen schlägt sie in ein lebhaftes Rotviolett um. Wiesner hat dieses Verhalten des Farbstoffes sowohl bei Leguminosen- als bei dem Prunoideengummi beobachtet. Besonders scharf tritt die Rotviolettfärbung bei dem Enterolobiumgummi auf.

Selbst ein und derselbe Baum kann farbloses und gefärbtes Gummi liefern. Es gibt Stücke von arabischem von *Acacia senegal* herrührendem Gummi, welche zur Hälfte licht weingelb, zur Hälfte lebhaft rot (Farbe des doppelt chromsauren Kali) gefärbt waren. Auch die einzelnen natürlichen Körner des Gummi von *Enterolobium cyclocarpum* sind verschiedenfarbig.

Der **Strich** der Gummiarten ist gewöhnlich weiß, selbst der der ziemlich intensiv gefärbten; nur die dunklen bis schwärzlichen Sorten weisen einen etwas gefärbten, ins Hellzimtbräunliche ziehenden Strich auf.

Durchsichtigkeit. Die meisten Gummiarten sind durchsichtig bis durchscheinend; nur die dunkelsten Sorten, z. B. das Moringagummi, sind fast gänzlich opak und nur an den Kanten etwas durchscheinend.

Glanz. Glasglanz herrscht vor, doch gibt es auch fettglänzende Gummiarten (Anakardiumgummi) und andere, welche selbst auf frischer Bruchfläche matt erscheinen. Infolge der oben geschilderten Oberflächenbeschaffenheit besitzen die auf frischer Bruchfläche glasartigen Gummen eine matte oder glanzlose natürliche Oberfläche.

Anisotropie der Gummiarten. Man hat die Gummiarten früher für isotrop, für einfach lichtbrechend gehalten. So weit bekannt, hat zuerst Roussin[93]) auf die Doppelbrechung des arabischen Gummi aufmerksam gemacht. Wiesner[123]) hat später die Doppelbrechung auch an anderen Arten von Akaziengummi, ferner an zahlreichen anderen Gummiarten (Chagualgummi, Kirschgummi usw.) nachgewiesen.

Die Ansichten über das Zustandekommen der bei Gummiarten auftretenden Doppelbrechung sind geteilt. Nach Schwendener[101]), [102]) ist die Anisotropie der Gummiarten zurückzuführen auf Zusammensetzung derselben aus anisotropen Mizellen. Hingegen vertreten v. Wiesner[123]) und v. Ebner[24]), [25]) die Ansicht, daß die Substanz der Gummiarten an sich einfachbrechend ist, aber durch Zug und Druck doppeltbrechend werde. Der ersteren Ansicht pflichtet, auf Grund einer Wiederholung der Schwendenerschen und der v. Ebnerschen Versuche und nach kritischer Würdigung der beiderseits vorgebrachten Argumente auch Ambronn[4]) bei.

Tatsache ist, daß Gummi entweder einfach- oder doppeltbrechend erscheinen kann, was von Schwendener[101]), [102]) in der Weise gedeutet wird, daß die anisotropen Mizellen im ersteren Falle ord-

nungslos, im letzteren Falle mit ihren optischen Achsen in paralleler Anordnung an der Zusammensetzung des Gummi oder der Gummilösung teilnehmen. v. Ebener[24]), [25]) nimmt hingegen im ersteren Falle einen spannungslosen, im letzteren Falle einen gespannten Zustand (Druck- bzw. Zugspannung) an.

Da es sich hier nur um tatsächliche Beobachtungen handelt, die zu einer Charakteristik der Gummiarten herangezogen werden können, und nicht um theoretische Diskussionen, so seien folgende Tatsachen hier vorgeführt:

Bekanntlich hat Brewster zuerst gezeigt, daß Glas an sich isotrop ist und durch Druck, beziehungsweise Zug doppeltbrechend wird. Es ist jetzt allgemein bekannt, daß Glas durch Zug positiv, durch Druck hingegen negativ doppeltbrechend wird. v. Ebener[24]) hat gefunden, daß getrocknetes Kirsch- und Tragantgummi sich so wie Glas verhalten, nämlich ebenfalls durch Zug positiv und durch Druck negativ doppeltbrechend werden.

Nun ist durch Mach[70]) gezeigt worden, daß sirupdicke Metaphosphorsäure sich bei Druck und Zug bezüglich ihres doppeltbrechenden Charakters umgekehrt wie Glas verhält, nämlich durch Zug negativ, durch Druck positiv doppeltbrechend wird. Dasselbe optische Verhalten wurde bezüglich der Doppelbrechung von v. Ebener an gequollenem Kirsch- und Tragantgummi beobachtet. Umgekehrt wie Kirsch- und Tragantgummi verhält sich nach v. Ebener[24]) »reinstes arabisches Gummi«. Doch verhalten sich nicht alle Akaziengummi nach v. Wiesners Beobachtungen wie das »reinste arabische Gummi«. Namentlich die geringen Sorten des arabischen Gummi, welche reich an nur quellbarem Gummi sind, gleichen nach den von ihm angestellten Beobachtungen in dieser Hinsicht dem Tragant- und Kirschgummi.

Die tatsächlichen Verhältnisse der Doppelbrechung der verschiedenen Gummiarten sind noch sehr unvollständig untersucht. Schwendener[102]) teilt zur Anregung für jene Forscher, welche das optische Verhalten der Gummiarten zu untersuchen beabsichtigen, mit, daß nach seinen Beobachtungen an trocknen Gummifäden bezüglich der Lage des Elastizitätsellipsoids sich folgende Gruppierung ergibt:

a) Fäden mit quergestellter Ellipse: Kirschgummi, Gummi aus den Blattstielen von *Cycas revoluta* und *Dioon edule,* desgleichen von *Angiopteris.*

b) Fäden mit längsgestellter Ellipse: Arabisches Gummi, Gummi aus den Blattstielen von *Encephalartos horridus.*

Ein **Irisieren** kommt an Gummiarten selten und dann nur stellenweise vor, wie etwa an Glasbruchstücken, z. B. an arabischem und Senegalgummi.

Drehung der Polarisationsebene der gelösten Gummiarten. Nach der herrschenden Ansicht drehen die in Wasser löslichen Gummiarten, selbstverständlich nach vollständiger Entfernung des etwa vorhandenen Zuckers, die Polarisationsebene nach links, und insbesondere wird dies von allen Gummiarten behauptet, welche als arabisches Gummi zusammengefaßt werden. Diese Angabe stützt sich aber auf sehr unvollständige Untersuchungen. Vor allem sei hervorgehoben, daß das *Feronia*-Gummi entschieden nach rechts dreht, was zuerst von Flückiger angegeben und von Wiesner an einem reichen Materiale dieses Gummi von verläßlichster Provenienz bestätigt wurde. Er hat weiter gefunden, daß selbst Sorten des arabischen Gummi vorkommen, die nach rechts drehen, z. B. nordafrikanisches Gummi (Mogadorgummi). Von Flückiger[31]) wurde angegeben, daß eine aus Sennaar stammende, von Kordofangummi nicht zu unterscheidende Gummiart die Polarisationsebene gleichfalls nach rechts drehe. Scheibler[94]) kam an derselben Art zu dem gleichen Resultat. Dagegen bestätigte er von Wiesners[125]) Untersuchungen, daß zahlreiche Proben von arabischem und Senegalgummi links drehen.

In dem chemischen Teil (III) wird darauf hingewiesen werden, daß ein bestimmter Zusammenhang zwischen der chemischen Konstitution der Gummen und ihrem Drehungsvermögen nachweisbar ist, daß nämlich alle Gummiarten, welche relativ wenig (bis 20,7%) Schleimsäure bilden, in Lösung die Polarisationsebene

nach rechts, solche, die über 21% (bis 38,3%) Schleimsäure bilden, nach links drehen.

Die **Dichte** variiert selbst bei einer und derselben Sorte oft sehr stark, da stets größere oder kleinere Mengen von Luft den Gummiarten beigemengt sind. Diese Eigenschaft kann deshalb nur in seltenen Fällen für die Charakteristik verwendet werden. Hingegen zeigen bestimmt konzentrierte Lösungen reiner Sorten bestimmter Gummiarten sehr konstante Dichten. Das spezifische Gewicht des lufttrockenen arabischen Gummi wird gewöhnlich mit 1,978 angegeben. Rasch bei 100° getrocknet soll das spezifische Gewicht 1,525 betragen [Grafe[37])]. Längeres Trocknen bei 100°, wie es für eine genaue Dichtebestimmung erforderlich wäre, kann nicht angewendet werden, da bei dieser Temperatur das Gummi $3H_2O$ abgibt, das aber bei Abkühlung wieder aus der Luft aufgenommen wird.

Alle Gummiarten sind **geruchlos.** Der **Geschmack** ist schleimig, oft mit einem süßlichen, bitteren oder zusammenziehenden Beigeschmack, auf den, soweit er charakteristisch ist, bei einzelnen Gummiarten noch zurückgekommen werden soll.

Die in Wasser löslichen Gummiarten sind stark **hygroskopisch.** Nach Wiesner[125]) vereinigt sich gepulvertes arabisches Gummi im absolut feuchten Raume durch Wasseraufnahme zu einer homogenen leimartigen Masse.

Zähigkeit. Die meisten Gummiarten sind im trockenen Zustande spröde und lassen sich deshalb unschwer pulverisieren, nur Tragant und einige andere vorwiegend aus unlöslicher aber quellbarer Substanz bestehende Gummiarten sind zähe, aber doch nicht leicht schneidbar und können nur schwer in Pulverform gebracht werden.

Härte. Wiesner[125]) hat versucht, nach der gewöhnlichen Methode der Mineralogen die Härte der Gummiarten zu bestimmen, um vielleicht dadurch ein Hilfsmittel zur Unterscheidung einzelner Arten dieser Körpergruppe zu gewinnen. Es wurden nur solche Gummiarten der Prüfung unterzogen, welche vollständig lufttrocken geworden waren. Es ergab sich, daß alle Gummiarten den gleichen Härtegrad zeigen, ganz unabhängig von der chemischen Zusammensetzung, denn die arabinreichsten verhielten sich nicht anders wie die bassorinreichen. Alle untersuchten Gummiarten waren weicher als Steinsalz und härter als Talk. Die Härte lag deshalb zwischen 1 und 2 der Mohsschen Härteskala. Da alle Gummiarten den Muscovit nur sehr schwach ritzten, etwa wie Muscovitpulver, so darf angenommen werden, daß die Gummiart mit der Härte des Muscovits (auf den Tafelflächen) übereinstimmt. Untersucht wurde arabisches Senegalgummi, dann das Gummi von *Feronia elephantum, Odina Wodier, Anacardium occidentale* und mehrere Tragantsorten. Zur Unterscheidung der Gummiarten ist also deren Härte nicht geeignet.

Organische Beimengungen finden sich in manchen Gummiarten, manchmal sogar als ständige Begleiter vor, und leisten oft wichtige Dienste für die botanische Herleitung oder für die Charakteristik einiger Arten.

Löslichkeit. Zu den bezeichnendsten Besonderheiten der Gummiarten gehört ihr Verhalten zu Wasser. Alle Gummiarten quellen in Wasser und sind entweder in Wasser leicht- oder schwerlöslich oder unlöslich, und nach diesem Verhalten hat man früher die angeblichen chemischen Individuen, aus denen man die natürlichen Gummiarten zusammengesetzt annahm, eingeteilt in Arabin (in Wasser leichtlöslich), in Zerasin (in Wasser unlöslich) und in Bassorin (in Wasser schwerlöslich). Zur Unterscheidung nach den Löslichkeitsverhältnissen der Gummiarten können diese Ausdrücke noch immer vorteilhaft angewendet werden, aber als konstituierende chemische Individuen darf man, wie der nächste Abschnitt lehren wird, das Arabin, Zerasin und Bassorin der älteren Chemiker nicht mehr betrachten. Nähere Angaben über den Grad der Löslichkeit der Gummiarten in Wasser folgen im besonderen Teil. In Alkohol und anderen Lösungsmitteln der Harze (Äther, Schwefelkohlenstoff, Benzol usw.) sind die Gummiarten vollkommen unlöslich. Alkohol, der sehr wasserreich ist (Weingeist), nimmt je nach seinem Wassergehalt die in Wasser löslichen Gummiarten auf. Ein Weingeist, der 52% und darüber an Alkohol enthält, löst keine Spur von Ara-

bin mehr auf [Flückiger[31])]. Bemerkenswert erscheint das Verhalten der Gummiarten zum Chloralhydrat. Auf die merkwürdige lösende Kraft dieses Körpers ist mehrfach, unter anderm von Flückiger[31]), hingewiesen worden, welcher zeigte, daß eine konzentrierte wässrige Chloralhydratlösung Stärke, für die es sonst fast kein Lösungsmittel gibt, auflöst. R. Mauch[72]) hat zuerst die Beobachtung gemacht, daß das arabische Gummi sich in wässriger Chloralhydratlösung vollständig und unverändert auflöst. Er gibt auch an, daß mit steigendem Chloralhydratgehalt der Lösungen die Geschwindigkeit des Lösungsvorganges abnimmt, hingegen die Quellung zunimmt. Nach den Beobachtungen, welche Wiesner[125]) über die Löslichkeit der natürlichen Gummen in 60%igem Chloralhydrat angestellt hat, sind alle in Wasser löslichen Akaziengummen innerhalb 24 Stunden in diesem Reagens vollkommen löslich. Gummi von *Prosopis juliflora,* selbst solches, welches in Wasser ein quellbares Gummi als Rückstand hinterläßt, löst sich in Chloralhydrat vollständig auf. Die zerasinreichen Gummiarten (z. B. Kirschgummi) hinterlassen, nachdem sie sich zum Teil im Reagens klar gelöst haben, selbst nach mehrtägiger Einwirkung einen klaren Rest gequollenen Gummis. Die bassorinreichen Gummiarten, z. B. Tragant, geben wolkig getrübte Lösungen, welche sich selbst nach tagelanger Einwirkung von Chloralhydrat nicht klären. Gummiarten, welche neben Arabin noch Zerasin und Bassorin enthalten, geben klare Lösungen, die über einer gequollenen klaren Masse stehen, die selbst aber wieder von einer wolkigen Schicht überdeckt ist.

Auf 150° erhitzt wird das Senegalgummi ebenso wie das Kordofangummi zum Teil unlöslich und nimmt dann die Eigenschaften des Kirschgummi an [Tollens[112])].

Die wässrigen Lösungen der Gummiarten haben eine schwach saure Reaktion. Es kommen aber manchmal im Handel Gummiarten vor, deren wässrige Lösungen stark sauer reagieren. Diese stark saure Reaktion ist auf Schwefelsäure zurückzuführen, welche bei der Reinigung schlechter, insbesondere stark gefärbter Gummisorten durch schweflige Säure entstanden ist und nicht immer vollständig entfernt wird.

Viskosität. Man versteht darunter den Grad der Dickflüssigkeit von Lösungen bestimmter Konzentration. Die Viskosität (von Gummilösungen, Schmierölen usw.) wird mittels eines Viskosimeters bestimmt [Valenta[115]), Meweau[73])]. Gewöhnlich bestimmt man den Grad der Viskosität der Gummiarten nach der Ausflußzeit, welche verstreicht, bis eine bestimmte Menge einer bestimmt konzentrierten Gummilösung aus einem Trichter mit bestimmter Ausflußöffnung austritt. Die Ausflußzeit ist dem Grade der Viskosität nahezu umgekehrt proportional. Auch die zur Bestimmung des Viskositätsgrades angewandte aräometrische Methode liefert nur angenähert richtige Resultate. Da die Viskosität mit steigender Temperatur abnimmt, so wird sie gewöhnlich bei 15° bestimmt. Bei der Aufbewahrung der Gummiarten nimmt die Viskosität ab. Je größer der Viskositätsgrad ist, als desto besser wird das Gummi angesehen.

Klebkraft. Mit der Viskosität scheint die Klebkraft des Gummi im Zusammenhange zu stehen. Im allgemeinen nimmt mit der Viskosität die Klebkraft zu, doch nicht streng gesetzmäßig. Der Grad der Klebkraft wird deshalb durch besondere Methoden bestimmt. Gewöhnlich bedient man sich der Hirschsohnschen Methode[50]), die darin besteht, daß eine 10%ige Gummilösung in bestimmtem Verhältnis mit feinst gepulvertem Gips gemengt und das Zerreißgewicht von Stangen bestimmten Querschnittes festgestellt wird, welche aus dem genannten Gemenge geformt wurden. Je höher die Klebkraft einer Gummiart ist, als desto besser wird sie gewertet.

W. v. Brehmer.

III. Chemische Charakteristik und Konstitution. **Begleitstoffe.** Die natürlichen Gummiarten enthalten, selbst wenn sie vollkommen in Wasser löslich sind, in untergeordneter und wechselnder Menge begleitende Stoffe anderer Art: unverbrennliche Substanz, Gerbstoffe, Zucker, Farbstoffe, Stickstoffverbindungen usw.

Der unverbrennliche Anteil rührt teils von Mineralstoffen, teils davon

her, daß die eigentlichen, den Charakter schwacher Säuren zeigenden Gummisubstanzen in den Naturprodukten wenigstens teilweise in Form ihrer Kalium-, Kalzium- und Magnesiumverbindungen vorhanden sind, welche nach dem Verbrennen als Karbonate hinterbleiben. In einzelnen Fällen wurde auch die Gegenwart von Kalziumoxalat festgestellt, welches selbstverständlich beim Veraschen Kalziumkarbonat liefert. Die Gummen liefern 0,3 bis 4,8 % Asche.

Die Gerbstoffe können, falls sie vorhanden sind, leicht durch ihre charakteristische Eisenreaktion erkannt werden.

Die Zuckerarten verraten ihre Gegenwart mitunter schon durch den süßlichen Geschmack des Gummis, sowie durch die Fähigkeit, aus alkalischen Kupferlösungen beim Kochen gelbes oder rotes Kupferoxydul abzuscheiden, welche indes auch den Gerbstoffen zukommt. Zucker- und gerbstoffreies Gummi reduziert solche Kupferlösungen nicht.

Die färbenden Beimengungen verleihen den natürlichen Gummiarten im Falle ihrer Gegenwart gelbliche bis braunrote, mitunter auch granatrote und ähnliche Töne. Über die Natur dieser Farbstoffe ist nichts Sicheres bekannt. Manche davon werden in Berührung mit Chlorwasserstoff- oder Schwefelsäure auffällig violettrot, während sie durch Alkalien oder deren Karbonate anscheinend nicht verändert werden.

Die Stickstoffverbindungen in den Gummen bestehen zum Teil aus Fermenten, welche als konstante Begleiter der Gummiarten auftreten. Die Anwesenheit des Stickstoffs (etwa 1—2 %) läßt sich nicht durch die Lassaigne-sche Probe, auch nicht in der von Kehrer angegebenen Modifikation, wohl aber durch Erhitzen mit Kaliumhydroxyd nachweisen, wobei Dämpfe pyrrolartiger Zersetzungsprodukte entweichen, welche einen mit Salzsäure befeuchteten Fichtenspan röten. Der Nachweis des Stickstoffs läßt sich auch durch Überleiten der aus dem erhitzten Gummi entweichenden Dämpfe mittels Sauerstoffs über glühendes Kupferoxyd und Eintretenlassen der Dämpfe in Kalilauge führen, welche dann die Nitrit- und Nitratreaktionen zeigt[129]). Nach A. Bach gelingt der Nachweis des Stickstoffs in Gummen, wenn man bei der Lassaigne-schen Probe statt Natrium Kalium, und zwar im Überschuß, verwendet.

Die Isolierung der eigentlichen Gummistoffe aus den Naturprodukten erfolgt am sichersten durch Dialyse der mit Essigsäure angesäuerten und filtrierten Gummilösungen und fraktionierte Fällung des innerhalb der dialysierenden Membran verbliebenen Anteiles mit Alkohol, wobei etwas Säure zugegen sein muß[130]). Denn säure- und salzfreie Gummilösungen werden durch Alkohol sehr unvollständig oder gar nicht gefällt. Die aschelieferndeu Verunreinigungen gehen ins Dialysat, die Stickstoffverbindungen[131]) und ein Teil der Farbstoffe in die ersten Fällungen, Zucker, Gerbstoffe und ein anderer Teil der Farbstoffe in die alkoholische Mutterlauge über. Die Anwendung von Essigsäure empfiehlt sich mehr als die von Neubauer[132]) vorgeschlagene der Salzsäure. Die Reinigung der Gummisubstanzen wird durch mehrmalige Umfällung vollendet. Doch liegt von Tschirch und seinen Mitarbeitern die Angabe vor, daß sich die Stickstoffsubstanzen des Gummi auf keine Weise von diesem trennen lassen; siehe weiter unten bei den Enzymen der Gummiarten. Nach Fr. Reinitzer [Zeitschrift f. physiol. Chem. (1909) 358] ist auch eine vollständige Beseitigung des Zuckers aus den Gummen nicht möglich.

So oder ähnlich dargestellte Produkte wurden, falls sie das weiter unten beschriebene Verhalten zeigten, als Arabin, (Araban, Arabinsäure) bezeichnet und hierunter ein bestimmtes chemisches Individuum verstanden. Da jedoch das selbst aus gleichartigen Gummisorten verschiedener Provenienz dargestellte »Arabin« inkonstantes optisches Drehungsvermögen und ein ungleichartiges chemisches Verhalten zeigt, muß es als ein Gemenge von allerdings ähnlich gearteten Verbindungen betrachtet werden, welche allgemein als Saccharogummisäuren bezeichnet werden mögen. Die Bezeichnung Arabin kann immerhin für das noch nicht in seine Komponenten zerlegte Gemenge von wasserlöslichen »Saccharogummisäuren« gebraucht werden, welches aus den

natürlichen Gummiarten in beschriebener Weise gewonnen wird und das nachstehende chemische Verhalten zeigt.

1. Die Reaktion des Arabins gegen Lackmus ist entschieden (auch in den natürlichen Gummiarten, wo die Saccharogummisäuren teilweise neutralisiert vorkommen, zwar schwach, aber doch merklich) sauer.

2. Durch verdünnte stärkere Mineralsäuren von nicht oxydierender Wirkung, wie Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure u. dgl., wird Arabin beim Erhitzen, am besten auf dem kochenden Wasserbade, im Verlaufe einiger Stunden vollständig hydrolysiert[134]), einerseits zu Zuckern aus der Gruppe der Pentosen $C_5H_{10}O_5$, Methylpentosen $C_6H_{12}O_5$, und Hexosen $C_6H_{12}O_6$, andererseits zu »Gummisäuren«, welche bei weiterer Einwirkung der Säure keine Zucker mehr liefern. Die Bezeichnung »Gummisäuren« wird hier allgemein für die hydrolytischen Spaltstücke der Gummen verwendet, welche den Charakter von Säuren zeigen und einer weiteren Abspaltung von Zuckerresten nicht mehr fähig sind. In diesem Sinne wäre von »Geddagummisäure«, »Arabingummisäure«, eventuell von einer »Kirschgummisäure« zu sprechen. Die noch mit Zuckerresten verbundenen Säuren, welche die Komponenten der natürlichen Gummiarten bilden, mögen allgemein als »Glukogummisäuren« bezeichnet werden, was auch für die noch zuckerhaltigen Säuren gilt, die bei schonender Hydrolyse der Gummen intermediär auftreten. Für die abgebauten Säuren aus Traganten wird hier die Bezeichnungsweise O'Sullivans: »Bassorinsäuren« beibehalten. Aus dem Gummi der Zuckerrübe haben Hauers und Tollens[134]) durch Hydrolyse mit Kalziumbisulfitlösung eine sehr kleine Menge einer Substanz erhalten, welche nach Zusammensetzung und Eigenschaften arabonsaures Kalzium zu sein schien. Aus den hydrolytischen Nebenprodukten von Tragant vermochten Widtsoe und Tollens[134]) eine minimale Quantität eines Phenylhydrazons zu isolieren, welches an das der Glukuronsäure erinnerte, ohne bestimmt mit dieser Verbindung identifiziert werden zu können. Im Zusammenhange damit sei hier erwähnt, daß S. Zeisel im Säureanteil des Hydrolysats einer Anzahl von Gummisorten mittels der — allerdings nicht eindeutigen — Naphtharesorzinreaktion von Tollens und mittels der spektral vervollkommneten α-Naphtholreaktion von Guido Goldschmiedt die Gegenwart von Glukuronsäure oder einer Substanz nachgewiesen hat, welche ihr bezüglich der beiden Farbenreaktionen gleicht. S. Zeisel und A. v. Konschegg (Wiesner, Rohstoffe, III. Aufl. I, 87) konnten außerdem noch feststellen, daß mit 12%iger Salzsäure nicht unbeträchtliche Mengen von Kohlendioxyd auftreten, dessen Menge auch bei Anwendung verdünnterer Mineralsäuren noch merklich bleibt. Bekanntlich zerfällt Glukuronsäure beim Kochen mit Salzsäure von 12 % in Kohlendioxyd und Furfurol. Diese Beobachtungen von Zeisel und Konschegg wurden anderenorts nicht veröffentlicht. Im Zusammenhange mit der Auffindung der Galakturonsäure, einer Stereoisomeren der Glukuronsäure, als eines der einfachsten hydrolytischen Abbauprodukte der Pektinstoffe hat F. Ehrlich [Chem. Ztg. (1917) 197] auch beim Gummi arabicum, Kirschgummi und Tragant ein analoges Vorkommen derselben der Galaktose zugehörigen Aldehydsäure festgestellt. Dies steht mit den angeführten Beobachtungen von Widtsoe und Tollens so wie von Zeisel und v. Konschegg im Einklange. Von Pentosen wurden bei technischen Gummiarten l-Arabinose, mitunter Xylose, aus Tragant Fukose, d. i. eine Methylpentose, von Hexosen zumeist Galaktose beobachtet[134]). In vereinzelten Fällen trat auch Mannose und Dextrose auf. Holzgummi, welches allerdings nicht zu den eigentlichen Gummiarten gehört, insofern es bei der Hydrolyse keine »Gummisäure« neben Zucker bildet, liefert gar keine Arabinose, sondern die mit ihr isomere Xylose. Die Menge der erhältlichen Pentosen und Hexosen variiert nicht bloß bei verschiedenen Gummisorten, sondern auch bei ein und derselben, wenn sie verschiedener Herkunft ist, innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Aus einzelnen Gummen des Handels ist überhaupt keine Galaktose zu gewinnen. Aus reinster Arabinsäure ent-

stehen bei der Hydrolyse nach Scheibler bloß etwa 80 % ihres Gewichtes an zuckerartiger Substanz.

Dem geschilderten hydrolytischen Verhalten entsprechend zeigt das Arabin die für die Pentosen charakteristischen Farbenreaktionen.

3. Eine gesättigte Lösung von Phlorogluzin in 20%iger Salzsäure gibt beim Erwärmen eine kochenille- bis kirschrote Färbung, später einen dunklen Niederschlag, welcher bei rechtzeitiger rascher Kühlung ausbleibt. Die noch klare rote Flüssigkeit zeigt im Spektrum einen dunklen sehr charakteristischen Absorptionsstreifen genau zwischen den Fraunhoferschen Linien *D* und *E* [135]).

4. Eine salzsaure Lösung von Orzin gibt schon in der Kälte eine blauviolette, beim Erwärmen aber eine erst rötliche, dann blauviolette Färbung, zuletzt blaugrüne Flocken, deren alkoholische Lösung einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen *C* und *D*, zum Teile fast auf *D* liegend, zeigt [136]).

Beide Reaktionen fallen, mit reinen Pentosen ausgeführt, schöner und charakteristischer aus als mit Gummen, weil bei diesen die nebenher entstehenden Hexosen durch die gelbbraune bis braune Färbung oder durch huminähnliche Stoffe, zu deren Bildung sie unter dem Einflusse der erwärmten Salzsäure Anlaß geben, störend wirken.

5. Beim Destillieren mit 12%iger Salzsäure entsteht über die Pentosen und Methylpentosen Furfurol und Methylfurfurol nach den Gleichungen: $C_5H_{10}O_5 = C_5H_4O_2 + 3\,H_2O$ und $C_6H_{12}O_5 = C_6H_6O_2 + 3\,H_2O$. Das Furfurol läßt sich nach dem Neutralisieren des Destillates durch die Rotfärbung auf Zusatz von Anilinazetat nachweisen. Es läßt sich auch quantitativ als Furfurolphlorogluzid bestimmen und mittels eines empirisch festgestellten Faktors oder der experimentell fundierten Tabelle von Kröber auf Arabinose (bzw. Xylose) umrechnen [137]). So ergab sich beispielsweise aus Gummi arabicum 27,9 (Günther), aus Kirschgummi 45,6 (Chalmot) und 59,05 (Flint und Tollens), aus Tragantgummi 37,28 % Arabinose. Die Methylpentosen werden neben den Pentosen bestimmt, indem man das in diesem Falle aus dem Destillat erhältliche Gemenge von Furfurolphlorogluzid und Methylfurfurolphlorogluzid nach der Wägung durch heißen Alkohol von zweitgenanntem Phlorogluzid befreit und nochmals wägt. Das Restgewicht wird mittels der Tabelle von Kröber auf Pentose, die Gewichtsabnahme mittels der Formel von Tollens und Mayer oder deren Tabelle auf Fukose umgerechnet [137]).

6. Durch Behandlung mit Salpetersäure vom spezifischen Gewichte 1,15—1,2 in der Wärme gehen die Gummiarten in die Oxydationsprodukte ihrer Hydrolysate über. Von diesen ist die Schleimsäure $(CH{\cdot}OH)_4{\cdot}(COOH)_2$, entstanden durch das Zwischenglied der Galaktose, infolge ihrer geringen Löslichkeit und ihrer kristallinischen Beschaffenheit besonders leicht zu fassen und quantitativ zu bestimmen [138]).

Da 100 Gewichtsteile Galaktose konstant rund 75 Teile Schleimsäure liefern, läßt sich aus der gewogenen Schleimsäure ziemlich annähernd jene Menge Galaktose berechnen, welche bei vollständiger Hydrolyse aus dem untersuchten Gummi entstehen würde. Bei Gummen, welche Galakturonsäure aufweisen, entstammt ein Teil des bei der Destillation mit Salzsäure auftretenden Furfurols der Aldehydsäure, auch ein Teil der bei Oxydation mit Salpetersäure entstehenden Schleimsäure. Wie viel von letzterer der Galaktose und wie viel der Galakturonsäure angehört, erfährt man durch Behandlung mit Brom und Salzsäure, durch welche nur die Galakturonsäure in Schleimsäure übergeht, und durch Subtraktion dieses Schleimsäureanteils von der durch HNO_3 gebildeten. Die Differenz ist der der Galaktose zugehörige Teil der Schleimsäure.

Nach Kiliani [138]) sind jene Gummisorten des Handels, welche relativ wenig (bis etwa 21 %) Schleimsäure liefern, rechtsdrehend, solche, die mehr von dieser Säure geben, linksdrehend.

Die oben gegebene Regel von Kiliani scheint jedoch nicht allgemein gültig zu sein. Denn P. Lamelland [169]) hat an einem Aprikosengummi mit 14,9% Schleimsäure $[\alpha]_D = -1{,}93°$, ferner Meininger [170]) an einem Aprikosengummi mit 30% Schleimsäure $[\alpha]_D = +54°$ beobachtet.

Bezeichnung	Charakteristik	Drehungsvermögen (Vorzeichen)	Schleimsäure Prozent
Ostindisches Gummi*.	Die meisten Stücke topasfarbig, einzelne intensiv gelb, mit Hohlräumen; sehr wenig farblose, wurmförmige Stücke; nur wenige größere Stücke von mehreren Zentimetern Durchmesser.	+	14,3
Mogadorgummi	Vorwiegend gelb- bis rotgefärbte mittelgroße Stücke, vermischt mit kleineren farblosen; viel Gewebsteile und Staub; überhaupt sehr unrein und offenbar kein einheitliches Produkt.	+	14,6
Nicht näher definierte Gummisorte, welche Claësson[168]) viel Arabinose geliefert hatte.	Kleine, teils farblose, teils gelbe Stückchen.	+	19,5
Gummi arab. Suakin.	Ganz ungleichmäßig; farblose, gelbe und intensiv rotgefärbte Stücke; einzelne wurmförmig und diese schwach gelblich und infolge der vielfach durchfurchten Oberfläche undurchsichtig.	+	21,5
Gummi arab. elect. I.	Fast farblos; meist kleinere kantige Stückchen, offenbar Bruchstücke der beigemengten größeren, rundlichen und von Rissen vielfach durchzogenen Stücke.	+	20,7
Gummi Senegal bas du fleuve.	Sehr große, ganz hellgelbe Stücke ohne Risse, durchsichtig, mit einzelnen großen Lufthöhlen; an der Oberfläche viele warzenartige Erhöhungen.	—	21,0
Arabinsäure.	Nach Neubauer aus linksdrehendem Gummi (arab. elect.?) dargestellt a)	—	23,9
	b)	—	24,4
Gummi arab. elect. 0.	Äußerlich von obigem Gummi arab. elect. I kaum zu unterscheiden!	—	23,9
Bestes naturelles Kordofangummi.	Stücke meist größer, als die der vorhergehenden Sorte; sehr gleichmäßig gelblich, undurchsichtig, rissig.	—	24,0
Austral. Gummi.	Rotbraune Halbkugeln oder Stalaktiten mit einer flachen Seite, an welcher häufig Rindenstücke hängen; Stücke groß.	—	38,3

* Es handelt sich hier wohl zweifellos um das weiter unten beschriebene Gummi von *Feronia elephantum*, auf welches die oben gegebene, von Kiliani herrührende Beschreibung paßt (siehe Wiesner, Gummi und Harze, S. 33, woselbst schon auf die Rechtsdrehung des *Feronia*-Gummi hingewiesen ist). Welche Gummiarten als »ostindisches Gummi« bezeichnet werden (darunter selbst sog. arabisches Gummi), ist im besonderen Teile dieses Abschnittes näher angegeben.

7. Neben Furfurol entstehen bei der unter 5. angegebenen Reaktion durch die Einwirkung der kochenden Salzsäure auf intermediär gebildete Galaktose Lävulinsäure $C_5H_8O_3$, Ameisensäure und huminähnliche Substanz und nach Zeisel und v. Konschegg auch Kohlensäure.

8. Als untergeordnete Produkte der unter 6. geschilderten Oxydation treten auf: Oxalsäure und andere leicht in Wasser lösliche Säuren, unter denen man bei eingehenderer Untersuchung unzweifelhaft die der Arabinose zugehörige Trioxyglutarsäure $(CH \cdot OH)_3(COOH)_2$, vielleicht auch Arabonsäure $C_5H_{10}O_6$ und Galaktonsäure $C_6H_{12}O_7$, die gewöhnliche Zuckersäure und Mannozuckersäure finden würde und zum Teile auch schon gefunden hat, allerdings nur in vereinzelten Fällen.

9. Die unter 2. erwähnten »Gummisäuren« hat O'Sullivan[131]) einerseits aus linksdrehenden Sorten von Gummi arabicum, andererseits aus rechtsdrehenden Geddagummen rein dargestellt. Die aus beiden Gummiarten gewonnenen Säuren waren nach $C_{23}H_{38}O_{22}$ zusammengesetzt,

aber die aus arabischem Gummi gewonnene Verbindung erwies sich als von der aus Geddagummi erhaltenen verschieden.

Letztere sei hier als Geddagummisäure, erstere als Arabingummisäure bezeichnet. Geddagummisäure dreht sehr stark nach rechts, die Arabingummisäure ist inaktiv. Beide sind starke Säuren, Dialyte und werden nur durch sehr konzentrierten Alkohol aus ihren wässrigen Lösungen gefällt.

10. Gereinigte Geddagummen vermochte O'Sullivan[131]) durch systematische fraktionierte Fällung ihrer wässrigen Lösung in ihre Gemengteile zu zerlegen. Es sind dies Saccharogummisäuren der allgemeinen Formel

$$C_{23}H_{38-2n}O_{22-n}\cdot nC_{12}H_{20}O_{10}\cdot pC_{10}H_{16}O_8,$$

welche als letzte Produkte der durchgreifenderen Hydrolyse sämtlich die erwähnte Geddagummisäure, Arabinose und Galaktose liefern. Sie seien allgemein als p-Araban-n-Galaktan-Geddagummisäuren bezeichnet, oder als p-Araban-n-Galaktan-Arabingummisäuren, wenn aus Gummi arab. gewonnen. Bei je einer Gummisorte ist n eine konstante, p eine variable Zahl, das n einer Geddagummisorte jedoch nicht immer gleich dem einer anderen, wie aus nachstehender Zusammenstellung hervorgeht, in welche auch das optische Drehungsvermögen der betreffenden Glukogummisäuren aufgenommen ist.

	p	n	$[\alpha]_D$
Aus Geddagummi I	4	3	+ 59°
	3	3	+ 49°
	2	3	+ 43°
	1	3	+ 37°
Aus Geddagummi II	9	4	+ 110°
	7	4	+ 100°
	5	4	+ 90°
	3	4	+ 80°
Aus Geddagummi III	?	5	?
Aus Gummi arabicum	2	4	?

Diese Arabangalaktangummisäuren sind in verdünntem Alkohol um so leichter löslich, je größer ihr Molekulargewicht ist.

11. Werden obige Arabangalaktangummisäuren nach O'Sullivan der schonenden Hydrolyse unterworfen, indem man sie mit 2%iger Schwefelsäure 10—30 Minuten auf 80—100° erwärmt, so werden sie durch Aufnahme von p-Molekülen Wasser einerseits zu p-Molekülen Arabinon, $C_{10}H_{18}O_9$, andererseits zu einer n-Galaktangummisäure gespalten. So liefert z. B. die aus Gummi arabicum erhaltene Diaraban-Tetragalaktan-arabingummisäure zwei Moleküle Arabinon und ein Molekül Tetragalaktan-arabingummisäure. Nur der kleinere Teil des Arabinons bleibt gewonnen und kann als ein amorpher Körper erhalten werden, von welchem 100 Teile Fehlingsche Lösung so stark reduzieren, wie 58,8 Teile Dextrose. Die größere Menge des Arabinons verfällt der weiteren Hydrolyse zu Arabinose. $[\alpha]_D$ des Arabinons ist + 198,5°. Die n-Galaktan-Gummisäuren, von welchen jede Gummisorte bloß je eine liefert, sind gegenüber der 2%igen Schwefelsäure ziemlich resistent. Erst nach mehrstündigem Erhitzen werden sie durch die Säure zu Galaktose und Gedda- bzw. Arabingummisäure gespalten.

O'Sullivan erhielt aus

	$[\alpha]_D$
Geddagummi A: Trigalaktangeddagummisäure	+ 20°
Geddagummi B: Tetragalaktangeddagummisäure	+ 22°
Geddagummi C: Pentagalaktangeddagummisäure	+ 30°

12. Analyse und Molekulargewichtsbestimmung führen O'Sullivan zur Arabinonformel $C_{10}H_{18}O_9$, welche oben antizipiert wurde. Arabinon steht demnach zur Arabinose im gleichen Verhältnis wie etwa Maltose zur Dextrose.

13. Unter Heranziehung der oben angeführten Feststellungen von Widtsoe und Tollens, Zeisel und v. Konschegg und namentlich F. Ehrlich ist es nicht unwahrscheinlich, daß die von O'Sullivan dargestellten Gummi-Abbausäuren sich wenigstens zum Teil als Abkömmlinge der Galakturonsäure erweisen könnten.

14. Die Gummiarten enthalten alkoholische, d. h. durch Säurereste ersetzbare Hydroxyle. Von esterartigen Verbindungen, welche durch eine derartige Substitution entstanden sind, werden in den Handbüchern[171]) beschrieben: ein Dinitrat

$C_{12}H_{18}O_8(NO_3)_2$ aus Gummi arabicum und rauchender Salpetersäure, farblos, amorph, löslich in Alkohol, verpuffend, rechtsdrehend; Arabinsäure-Tetranitrat, $C_{12}H_{16}N_4O_{18}$ aus Arabin und Salpeter-Schwefelsäure mit ähnlichen Eigenschaften; Arabinsäuretetrazetat $C_{12}H_{16}O_6(CH_3COO)_4$ aus Arabin und Essigsäureanhydrid bei 150°, unlöslich in Wasser, löslich in Chloroform und in Essigäther; Arabinsäurehexazetat $C_{12}H_{14}O_4(CH_3COO)_6$ aus Arabin und überschüssigem Essigsäureanhydrid, ähnlich dem vorigen, ein Benzoat usw. Die für diese Arabinester angegebenen Formeln sind sämtlich mehr als nur fraglich. Ebenso die der in nachfolgendem angeführten Verbindungen.

Für Arabin wurde aus der Elementaranalyse von Neubauer u. a. die Formel $C_{12}H_{22}O_{11}$ abgeleitet, falls es bei 100°, $C_6H_{10}O_5$, falls es bei 120—130° getrocknet war, für seine salzartigen Abkömmlinge: $CaO \cdot 6\, C_{12}H_{22}O_{11}$, $CaO \cdot 2\, C_{12}H_{22}O_{11}$, $BaO \cdot 2\, C_{12}H_{22}O_{11}$, $K_2O \cdot 3\, C_{12}H_{22}O_{11}$, $2\, PbO \cdot 3\, C_{12}H_{22}O_{11}$, usw. Identische oder ähnliche Formeln hat man in der Folge auch für andere Gummiarten der Arabingruppe in Anspruch genommen. Man muß jedoch ohne weiteres zugeben, daß diese Formeln mit dem ganzen eben dargelegten Verhalten in hellem Widerspruche stehen, wenn es auch richtig ist, daß sie mit den unmittelbaren Ergebnissen der Elementaranalyse — aber nur mit diesen — meist ziemlich gut übereinstimmen. Sobald einmal feststeht, daß durch Hydrolyse der Gummiarten neben Glukosen Substanzen von so ausgeprägtem Säurecharakter entstehen, wie es die »Gummisäuren« und die »Galakturonsäure« sind, kann das Gewichtsverhältnis zwischen Wasserstoff und Sauerstoff nicht durch 1 : 8 ausgedrückt werden, wie dies bei den Neubauerschen und ähnlichen anderen Formeln der Fall ist. Denn jene Säuren enthalten unzweifelhaft mindestens eine Karboxylgruppe (— COOH) und dies führt zu einem Überschuß von Sauerstoff über jenes Verhältnis in den Gummiarten selbst. Diese Abweichung muß nicht notwendigerweise in der Elementaranalyse zum Ausdruck gelangen, nämlich dann nicht, wenn ihr analytischer Effekt innerhalb der Fehlergrenzen der Kohlenstoff- und Wasserstoffbestimmungen fällt. Dies kann jedoch nur dann eintreten, wenn die Moleküle der betreffenden Verbindungen sehr groß sind. Auch vom Gewichtsverhältnis zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff gilt das Gleiche.

Diese Erwägungen führen somit zum Schluß, daß die Gummimoleküle eine große Zahl von Atomen ihrer elementaren Bestandteile enthalten müssen. Er wird bestätigt durch die kolloide Beschaffenheit der Gummen, welche für das Gummi arabicum bereits von Graham[139]) nachgewiesen wurde.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, durch Anwendung der modernen »osmotischen« Methoden zu einer Molekulargewichtsbestimmung der Gummen zu gelangen. So leiten Gladston und Hibbert[140]) aus kryoskopischen Beobachtungen an Lösungen von Gummi arabicum einen Wert von ungefähr 2000 ab. Allerdings hat unter andern Armstrong[141]) gegen die Anwendung dieses Verfahrens, gegen eine derartige Molekulargewichtsbestimmung kolloider Substanzen Bedenken erhoben, indem er darauf hinwies, daß gegenüber den in solchen Fällen zu beobachtenden sehr kleinen Gefrierpunktsdepressionen die unvermeidlichen Fehler der Methode zu groß sind. Ferner wurde den »kolloiden Lösungen« der Charakter eigentlicher Lösungen überhaupt abgesprochen und sie für bloße Suspensionen oder auch Quellungsprodukte erklärt. Linebarger[142]) hat jedoch gezeigt, daß einige Kolloide, darunter auch Gummi arabicum, einen beträchtlichen osmotischen Druck aufweisen, was bei Annahme einer bloßen Suspension oder Quellung ausgeschlossen wäre. Aus der Messung des osmotischen Druckes von Gummilösungen ergibt sich ihm das Molekulargewicht von ungefähr 2400. Selbstverständlich führen solche Bestimmungen — abgesehen vom Einfluß der Fehler der Methode — nur zu beiläufigen Werten, wenn, wie es hier vermutlich der Fall war, die untersuchte Substanz nicht chemisch homogen ist. Immerhin ist es jedoch sehr bemerkenswert, daß die oben dargelegten Untersuchungen O'Sullivans bei dem von ihm studierten Gummi arabicum zur Formel $(C_{16}H_{16}O_8)_2(C_{12}H_{20}O_{10})_4C_{23}H_{30}O_{18} = C_{91}H_{142}O_{74}$ führen, welcher das Molekulargewicht 2418 entspräche, also ein Wert,

der mit dem Linebargerschen auffallend übereinstimmt.

Gummiarten, die in Wasser nicht vollkommen löslich sind, ohne Gummiharze zu sein, hinterlassen beim Kolieren der Lösungen einen gequollenen, froschlaichartigen oder gallertigen Rückstand, der sich, wenn überhaupt, nur in sehr großen Mengen Wasser löst und je nach seinen Eigenschaften und seiner Herkunft als Zerasin oder Bassorin bezeichnet wurde. So enthalten Kirschgummi und andere nahestehende Gummiarten Zerasin, Tragantgummi Bassorin (Tragantin).

Zerasin wird als eine farblose, in Wasser und Alkohol unlösliche, im trockenen Zustande spröde Substanz beschrieben. Mit Alkalikarbonatlösungen gekocht scheidet es Kalziumkarbonat aus, wobei es in Lösung geht. Es enthält demnach Kalzium in salzartiger Bindung und besteht aus einer Substanz sauren Charakters oder deren mehreren. Zerasin zeigt, von den gebundenen Basen befreit, in seinem physikalischen und chemischen Verhalten große Ähnlichkeit mit einer unlöslichen Modifikation des Arabins, die bei dessen vollständigem Austrocknen schon bei gewöhnlicher Temperatur (rascher bei höherer) entsteht und als Metarabinsäure bezeichnet wurde. Wie diese soll auch Zerasin durch Alkalien in lösliches Arabin übergeführt werden. Das Zerasin des Kirschgummis wird nach Garros[143]) auch durch ein in diesem befindliches Enzym in lösliches Arabin umgewandelt. Hingegen ist das Enzym des Kirschgummis unwirksam gegenüber den zerasinartigen Substanzen anderer Gummiarten. Daraus würde hervorgehen, daß das, was in der Gummiliteratur als Zerasin bezeichnet wird, nicht immer dasselbe ist. In keinem Fall ist ein Beweis für die chemische Individualität des »Zerasins« erbracht worden. Immerhin kann dieser Name als Bezeichnung für einen Typus vorläufig beibehalten werden. Nach Martin[144]) soll bei schonender Hydrolyse des Kirschgummis die kristallisierte Zerasinose entstehen, die beim Erwärmen mit salzsäurehaltigem Wasser auf 100° C und auch spontan bei längerem Aufbewahren in Arabinose übergehen soll. Doch ist die Existenz dieses Zuckers als chemisches Individuum fraglich. Das gleiche gilt auch bezüglich der von Garros[145]) aus Kirschgummi gewonnenen Prunose, einer Pentose, deren Chloralverbindung nicht mit voller Bestimmtheit als von der aus Arabinose verschieden erklärt werden konnte[146]).

Tragante (s. den Artikel Pflanzen-»Schleime«) liefern je nach der Sorte beim Erhitzen mit verdünnten nicht oxydierenden Mineralsäuren verschiedene Monosen[147]) : weißer Blättertragant vorwiegend Xylose, gelblicher oder brauner Tragant in unregelmäßigen Stücken hauptsächlich Arabinose. Außerdem ist aus allen Sorten mittels des Phenylhydrazons etwas Fukose, d. i. eine Methylpentose erhalten und durch Überführung in Schleimsäure und Zuckersäure wenig Galaktose und Dextrose nachgewiesen worden. Mit vorstehendem steht allerdings der Befund von A. Hilger und W. E. Dreyfuß[148]) in Widerspruch, welche aus fünf verschiedenen Tragantsorten des Handels 15—22,4 % und 30—42 % Arabinose erhalten haben und nach Destillation der Tragante mit 12%iger Salzsäure neben dem Furfurol kein Methylfurfurol nachzuweisen vermochten, somit die Abwesenheit von Methylpentoseresten in den Traganten annehmen mußten.

Das Bassorin — gleichfalls vorläufig ein Typus und kein Individuum — ist farblos, in Wasser wenig löslich, jedoch quellbar. Bassorin-Gallerten und -Lösungen reagieren neutral. Unmittelbar aus den Gummen abgeschieden, enthält es keinerlei Metalle in salzartiger Bindung, bestimmt kein Kalzium. In kochenden Lösungen von Alkalikarbonaten (auch von ätzenden Alkalien) löst es sich wie das Zerasin, jedoch ohne Abscheidung von $CaCO_3$. Im trockenen Zustande ist es nicht spröde, sondern zäh.

Weder Zerasin noch Bassorin reduzieren Fehlingsche Lösung.

O'Sullivan[149]) hat im leicht löslichen Anteil des Tragants Substanzen aufgefunden, die dem Geddagummi ähnlich und fast ebenso stark linksdrehend waren als dieses rechtsdrehend. Sie zeigten die Zusammensetzung und das Verhalten von Polyarabantrigalaktangummisäuren. Die wichtigste von diesen ist nach der Formel:

11 $C_{10}H_{16}O_8 \cdot 3\ C_{12}H_{20}O_{10} \cdot C_{23}H_{36}O_{20} \cdot H_2O$ zusammengesetzt. Sie wurde als Bariumsalz analysiert, lieferte bei der Hydrolyse Arabinose und zeigte $[\alpha]_D = -88°$. Im weniger, bzw. nicht löslichen Anteil des Tragants waren neben dem nicht ganz rein zu gewinnenden Bassorin Zellulose und Stärke nachzuweisen. Das Bassorin erwies sich als eine Säure von $[\alpha]_D = +38°$, deren Bariumsalz dargestellt wurde. Überschüssiges Alkali erzeugte aus ihr α- und β-Tragantanxylanbassorinsäure. Die α-Säure, $C_{24}H_{34}O_{20} \cdot H_2O$, mit $[\alpha]_D = +138{,}2°$ bis $+138{,}6°$ ist in kaltem Wasser löslich und liefert ein lösliches Kalzium- und ein weniger lösliches Bariumsalz $C_{24}H_{34}O_{20} \cdot BaO$. Sie geht, mit 5%iger Schwefelsäure 20 Minuten lang auf 98° erhitzt, in Tragantose, $C_5H_{10}O_5$, über mit $[\alpha]_D = -30°$. [Die von Tollens und seinen Mitarbeitern aus Tragant und aus Fukusarten dargestellte Fukose zeigt $[\alpha]_D$ = etwa $-74{,}5°$ [147].] Neben Tragantose entsteht die unlösliche Xylanbassorinsäure, $C_{19}H_{28}O_{17}$, mit $[\alpha]_D = +200°$, die leicht lösliche Alkali- und unlösliche Erdalkalisalze liefert, so $C_{19}H_{26}O_{17}Ba$. Fortgesetzte Hydrolyse der Xylanbassorinsäure mit Schwefelsäure von 5% führt unter Abspaltung von Xylose zur Bassorinsäure, $C_{14}H_{20}O_{13}$, unlöslich in kaltem Wasser, in alkalischer Lösung $[\alpha]_D = +255°$ zeigend, dem Bariumsalz $C_{14}H_{18}O_{13}Ba$ zufolge zweibasisch, wie auch die beiden ihr vorangehenden Säuren. Die β-Tragantanxylanbassorinsäure hinterbleibt nach dem Lösen der α-Säure in kaltem Wasser als krümlige Masse mit $[\alpha]_D = +163$—$164°$. Ihre Erdalkali- und Schwermetallsalze sind sehr wenig löslich. Durch verdünnte Schwefelsäure wird sie zu denselben Produkten hydrolysiert wie die α-Säure. In welcher Beziehung die von O'Sullivan aus Tragant dargestellten Säuren zu dem von Hilger und Dreyfuß [148]) durch Einwirkung von kalter Alkalilauge auf Tragantgummi gewonnenen Oxybassorin $(C_{11}H_{20}O_{10})_2O$ steht, welches von Tollens [147]) wegen seiner Fähigkeit, mit Basen Salze zu bilden, als Karbonsäure angesehen wird, ist nicht bekannt.

Nach v. Fellenberg (Biochem. Z. (1918) 118 ff.) enthält das Bassorin der Tragante Methoxylgruppen, welche beim Kochen mit verdünnten Säuren, besser Alkalilaugen, Methylalkohol bilden. Hierbei entstehen »Bassorinsäure« oder deren Salze. Für das Bassorin schlägt er die Formel $(C_{22}H_{40}O_{20})n$ und für die Bassorinsäure $(C_{21}H_{38}O_{20})n$ vor. v. Fellenbergs Bassorinsäure ist mit der gleichbenannten Säure von O'Sullivan nicht zu verwechseln.

Die Enzyme der Gummiarten. Die Enzyme, welche die nativen Gummiarten stetig begleiten, lassen sich aus diesen bisher auf keine Weise isolieren. Nach A. B. Stevens und A. Tschirch [150]) deutet dies auf die chemische Bindung der Enzyme durch die Gummisubstanzen hin. Indes ist diese Schlußweise keineswegs zwingend, da die Untrennbarkeit beider Stoffarten auch nur durch ihre kolloide Beschaffenheit bedingt sein kann, ohne daß sie miteinander im eigentlichen Sinne chemisch verbunden sein müßten. Auch sonst haben sich ja die Enzyme als untrennbar von ihren kolloiden Trägern erwiesen. Man braucht in allen diesen Fällen nicht einmal immer an Adsorptionsverbindungen zu denken. Von Gummifermenten sind gegenwärtig mit Sicherheit bekannt: zwei Oxydasen, eine Peroxydase, zwei Amylasen, Emulsin und Myrosin (vgl. den Abschnitt Enzyme). Die Gegenwart von zellulose- oder hemizelluloselösenden Fermenten im Gummi wird zwar von vielen Autoren, welche Betrachtungen über die Entstehung der natürlichen Gummiarten angestellt haben, und auch von anderen für wahrscheinlich gehalten, konnte jedoch bis jetzt niemals experimentell nachgewiesen werden. Siehe hierüber weiter unten im Abschnitt IV über Entstehung der Gummen. Vielleicht handelt es sich da um Stoffe von äußerster Labilität und entsprechend kurzer Wirksamkeitsdauer in den bereits ausgeflossenen Gummen. Durch genügend starkes und langes Erhitzen, sowie durch stärkere Säuren werden die Gummen enzymatisch inaktiv.

Die Gegenwart der Oxydasen befähigt die natürlichen Gummiarten, bei Anwesenheit von inaktivem Sauerstoff auch ohne die Gegenwart von Peroxyden, Guajakharzemulsion zu bläuen [151]) und auch zu anderen katalytischen Oxydationswirkungen. Solche sind: Überführung von Pyrogallol 1, 2, 3 $C_6H_3(OH)_3$, in

Purpurogallin oder Pyrogallochinon, $C_{18}H_{14}O_9$ [152]), -Oxydation von anderen Phenolen, Phenoläthern, aromatischen Aminen, manchen Drogenbestandteilen[153]).

Die Guajakbläuung, die erst von Schönbein[154]) als eine Oxydationserscheinung erkannt und für eine Fermente im allgemeinen anzeigende Reaktion gehalten wurde, kommt auch der Malzdiastase zu und wurde geraume Zeit als für diese charakteristisch angesehen. Dieser und auch andere Umstände, vor allem aber die unzweifelhafte, von J. Wiesner[155]) zuerst festgestellte Verflüssigung von Stärkekleister durch Gummilösungen, haben diesen veranlaßt, »das Gummiferment«, damals für singulär gehalten, als ein diastatisches Enzym anzusprechen. Nachdem jedoch Baranetzky[156]) gefunden hat, daß diastatische Fermente existieren, denen die Fähigkeit der Guajakbläuung abgeht, und damit im Einklang Fr. Reinitzer[157]) eine ungleiche Verteilung der Oxydase-, Peroxydase- und Amylasewirkung in verschiedenen Gummisorten beobachtet hat, und endlich auf Grund der gegenwärtig herrschenden Lehre von der Spezifität der Enzymwirkungen muß man heute wohl einerseits die oxydationsbeschleunigende Wirkung der intakten Gummilösungen, andererseits die Katalyse der hydrolytischen Spaltung der gequollenen Stärke zwei verschiedenen Arten von Enzymen, jene den Oxydasen, diese den Amylasen zuschreiben.

Daß Anlaß besteht, mindestens zwei Oxydasen in den Gummen anzunehmen, erhellt aus folgendem: Die guajakbläuenden Oxydasen des arabischen Gummi, des Senegalgummi, des Gummianteils des Gummiharzes von *Rhus vernix* L. (*Rhus vernicifera* D. C.) teilen mit der Laccase des Gummilacks (s. Harze und Balsame, B, 22) die Fähigkeit, das Harz des letzteren wie auch das Harz von *Rhus vernix* an der Luft zu schwärzen und zur Erhärtung zu bringen, während die Oxydase des Kirschgummi zwar Guajakharz bläut, aber keine laccaseartige Wirkung zeigt[158]). Man verfügt gegenwärtig nicht über die Möglichkeit, das gewiß nicht ausgeschlossene gemeinsame Vorkommen von Laccase und nicht laccaseartiger Oxydase festzustellen. Die mit Gummi vergesellschafteten Oxydasen werden von Tschirch als Gummasen bezeichnet, was Fr. Reinitzer[157]) nicht für zweckmäßig hält.

Die Oxydasen des Akaziengummi und anderer Gummiarten wirken auf Phenole auch in saurer Lösung; die Bläuung des Indophenolreagens (α-Naphthol, p-Phenylendiamin und Alkalikarbonat in wässriger Lösung) erfolgt rasch, die Oxydation von freiem Anilin langsamer, die von Anilinsalzen noch träger; Dimethyl-p-Phenylendiamin in schwach alkalischer Lösung wird nur langsam und unbedeutend gebläut. Die Gummilösungen, welche die aufgezählten Oxydationswirkungen und noch andere zeigten, erwiesen sich als frei von Nitriten und Manganverbindungen, aber nicht ganz frei von Eisen. Überschüssige Dextrose beeinträchtigte die Guajakbläuung nicht, wohl aber Tannin. Die absolute Unwirksamkeit der Gummilösungen gegen Thyrosin beweist die Abwesenheit der Thyrosinase. Die Oxydationswirkungen erfolgen wie bei eigentlicher Laccase auch ohne Mitwirkung von Manganverbindungen, werden jedoch durch Manganosulfat merklich verstärkt. Einstündiges Dämpfen oder 18 stündiges Erhitzen auf 70° vernichtet die Wirkung der Gummioxydasen. Die Guajakbläuung blieb bei einer der von Reinitzer geprüften Gummisorten — weiches Kordafangummi, bezogen von Kahlbaum — ganz aus, und war bei einem frischen Zwetschengummi sehr schwach, bei einem frischen Marillengummi schwach. Tragant erwies sich immer als frei von Oxydase. Es ist bemerkenswert, daß auch die angeführten oxydasefreien oder oxydasearmen Gummen die Amylasewirkung zeigten[157]).

Eine Peroxydase, d. i. ein Enzym, welches die Abspaltung des loser gebundenen Anteils des Sauerstoffs von Peroxyden und hierdurch indirekte Oxydationen katalysiert, daher unter anderm auch bewirkt, daß Guajakharzemulsion durch Wasserstoffsuperoxyd gebläut wird, was ohne Katalysator nicht oder nur äußerst langsam geschieht, wurde von Reinitzer in solchen Sorten von Gummi nachgewiesen, die entweder keine Oxydasen oder nur Spuren davon enthielten, oder deren Oxydase durch geeig-

netes Erhitzen (siehe oben) vernichtet worden war. Die Peroxydase ist sowohl bei gewöhnlicher [159]) als auch bei höherer Temperatur widerstandsfähiger als die Oxydasen. Sie wird erst durch 48 stündiges Erhitzen auf 70° C unwirksam.

Daß auch die Peroxydasewirkung nicht den Amylasen im allgemeinen an sich zukommt, somit auch nicht den amylolytischen Enzymen der Gummen, folgt aus dem von J. Jakobson [160]) erbrachten Nachweise der Möglichkeit, diese Wirkungen bei Diastaselösungen zu zerstören, bevor noch die amylolytischen Eigenschaften verschwunden sind, und aus der Auffindung einer Amylase in *Penicillium glaucum* [161]), welche keine Peroxydasewirkung zeigt.

Amylasen. Die Entdeckung einer Amylase in den Gummen ist, wie bereits oben erwähnt, J. Wiesner zu danken. Dieser vermochte wohl die Verflüssigung von Stärkekleister durch Gummilösungen, nicht aber die Verzuckerung der Stärke zu beobachten. Fr. Reinitzer [162]) und Béchamps [163]) haben jedoch letztere nachgewiesen. V. Grafe [164]) hat den Wiesnerschen Befund bestätigt. A. B. Stevens und J. E. Warren [165]) geben an, daß die sonst starke enzymatische Wirkungen zeigende wässrige Lösung des Gummi von *Rhus vernix* innerhalb 96 Stunden bei 40° aus Stärkekleister keinen reduzierenden Zucker entstehen ließ. Aus den Versuchen von Fr. Reinitzer [166]) geht hervor, daß die Fähigkeit, Stärke einerseits bis zu Maltose, andererseits bloß bis zu Dextrinen, darunter Erythrodextrin, abzubauen, auf verschiedene Gummisorten verschieden verteilt ist, und daß Sublimatlösung von 0,05—0,1 % und geeignete Einwirkung von Wärme die Zuckerbildung vollständig verhindert, die Dextrinbildung jedoch nur herabsetzt. Er schließt hieraus mit vollem Rechte, daß im Gummi zwei Amylasen existieren: eine saccharifizierende und eine bloß dextrinbildende, von denen die erstere die weniger resistente ist. Unter diesen Umständen scheint es doch wohl nicht ausgeschlossen, daß Wiesner und die mit ihm übereinstimmenden Forscher Gummiproben in Händen gehabt haben, in welchen vom zuckerbildenden Enzym nichts oder so wenig vorhanden war, daß sich dessen Wirkung der Wahrnehmung entzog.

Keine der beiden Gummiamylasen vermag Rohrzucker oder arabisches Gummi zu spalten (Béchamps). Unverkleisterte Stärke bleibt trotz der vereinigten Wirkung sämtlicher Gummienzyme durch acht Tage unverändert und vom Stärkekleister bleibt je nach seiner Herstellungsweise, der Stärkesorte und der Temperatur während der Einwirkung ein mehr oder weniger großer Anteil, unter günstigsten Umständen fast nichts, ungelöst. Der ungelöste Rückstand wird von Jod nicht gebläut. Die Gummiamylasen werden von Fibrin adsorbiert. Durch Filtration mittels eines Pukallfilters gelingt es, das saccharifizierende Enzym ganz oder fast ganz im Filtrationsrückstande zu behalten, derart, daß das Filtrat nur noch Dextrin aus Stärke bildet. Beide Amylasen werden durch einstündiges Dämpfen vernichtet. Nach 58 stündigem Erhitzen auf 70° ist die dextrinbildende Amylase zum Teil noch vorhanden, die zuckerbildende unwirksam geworden (Reinitzer).

Andere Enzyme. Volcy-Boucher [167]) hat in etwa 30 Gummisorten, Gummigerbstoffen und Gummiharzen Emulsin, und zwar um so mehr nachgewiesen, je reicher das Naturprodukt an Gummi war, besonders viel in den Gummiharzen der Araucariaarten. Im Moringagummi fand sich neben dem Emulsin auch Myrosin. S. Zeisel.

IV. Entstehung des Gummi in der Pflanze. Früher hielt man die Gummiarten durchweg für Sekretionsprodukte der Pflanzen. Neuere Untersuchungen haben ganz bestimmt dargetan, daß einige auf ihre Entstehung genau untersuchte Gummiarten durch chemische Metamorphose aus ganzen Geweben hervorgehen. Vorzugsweise wird das Material der Zellwände in die Gummimetamorphose hineingezogen. Nach Wigand [126]) soll auch das Kirschgummi durch chemische Umwandlung aus Zellwänden hervorgehen. Wiesner [123]) hat gezeigt, daß das Gummi der *Moringa pterygosperma* und des *Cochlospermum gossypium* genau so wie Tragant (siehe diesen im Abschnitt: Schleime) entstehen, und daß bis jetzt noch keine Gummiart aufgefunden wurde, welche so ausgezeichnet die Struk-

turverhältnisse der Gewebe, aus denen es entstanden ist, behalten hat, wie das Gummi der erstgenannten Pflanze (Abb. 10).

Abb. 10.
Gummi der *Moringa pterygosperma* Gärtn. *A* in verdünntem Alkohol. Zellen unverändert. *B* in Wasser präpariert. *a* quellende Zellwand. *b* gefärbter in Wasser unlöslicher Zellinhalt. *C a β* Zellreste welche nach der Erschöpfung des Gummi mit Wasser zurückbleiben. Vergr. 400 mal.

Die Entstehung der genannten Gummiarten durch chemische Metamorphose ganzer Gewebe unter Umwandlung von Zellulose in Gummisubstanzen ist auch von späteren Forschern, welche sich mit diesem Gegenstand beschäftigt haben, als richtig anerkannt worden [Fr. Höhnel[51])]. Gegen die Annahme, daß das pathologische Gummi stets durch chemische Metamorphose entstehe und namentlich gegen die Auffassung, als würden nur die vollkommen ausgewachsenen oder gar schon abgestorbenen Gewebe der Gummimetamorphose unterliegen, wurden gerechtfertigt Bedenken laut, zuerst von Hofmeister, dann von Frank, Höhnel u. a. Es wurde die Vermutung geäußert, daß auch der Inhalt lebender Zellen an der Gummosis beteiligt sein kann und daß in manchen Fällen die Zellulose nur in geringem Maße an der Entstehung des Gummi Anteil nimmt.

Eine eingehende und gründliche Untersuchung über die Entstehung des Kirschgummi verdanken wir Mikosch[75]). Nach ihm ist der Prozeß der Gummibildung stets pathologisch auf einen Verwundungsreiz zurückzuführen, der das ganz jugendliche, noch in Teilung befindliche Gewebe angreift. Die Gummibildung hebt also hier im Kambium an. Dieser Wundreiz äußert sich dahin, daß in der Jungholzregion keine normalen Holzelemente entstehen, sondern ein dünnwandiges Parenchym (Gummiparenchym) gebildet wird, zu dem ein lebhafter Zug von assimilierten Substanzen stattfindet, die nicht zur Wand-, sondern zur Gummibildung verwandt werden. Das Gummi entsteht hier in der lebenden Substanz der Gummizellen. Die Gummibildung schreitet in der Membran von innen nach außen fort, so daß die primäre Membran zuletzt der Gummimetamorphose unterliegt. Schon hieraus geht hervor, daß auch die Zellulose der Membran zur Gummibildung verwandt wird. Bei fortschreitender Gummosis werden auch die Markstrahlen in diesen Prozeß einbezogen, so daß nunmehr noch größere Mengen von Zellulose an der Gummibildung Anteil nehmen [Hanausek[45])].

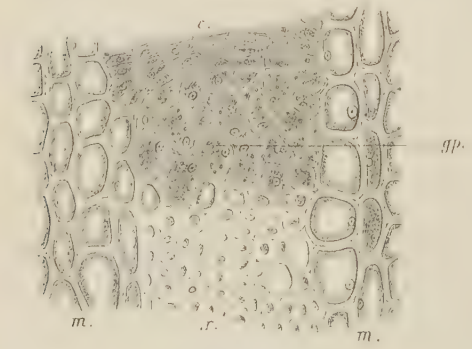


Abb. 11.
Gummibildung bei *Prunus domestica*. Querschnitt durch eine kambiale Gummiparenchymgruppe. *c* Kambium. *gp* Gummizellen mit feinkörnigem Protoplasma. *m m* Markstrahlen. *x* Xylem. Vergr. 300mal. (Nach Mikosch).

Die Entstehung des Kirschgummi ist ebenso sichergestellt wie die des Tragants (und des Moringa- und Kochlospermumgummi). Man erkennt, daß der Bildungsmodus in beiden Fällen verschieden ist. Es muß also die ältere Ansicht,

daß die Bildung des pathologischen Gummi in der Pflanze stets in der gleichen Weise erfolgt und die fertigen Gewebe unter Umwandlung der Zellulose in Gummi das Material zur Gummibildung bilden, aufgegeben werden.

Die Entstehung vieler Gummiarten ist noch nicht geklärt, vor allem nicht die des so wichtigen arabischen Gummi. Doch läßt sich aus den bisherigen von J. Moeller[78]), v. Höhnel[51]), Lutz[67]), Tschirch[114]) u. a. herrührenden Untersuchungen ableiten, daß auch hier schon im Kambium durch Verletzung der Anstoß zur Gummibildung gegeben wird, in den jungen pathologischen Geweben sich fortsetzt, und daß in späteren Entwicklungsstadien auch fertige Gewebe (Markstrahlen usw.) in die Gummimetamorphose einbezogen werden, wobei, wie Moeller[78]) zeigte, eine reichliche Umwandlung von Zellulose in Gummi stattfindet.

Lutz[68]) hat, an seine Studien von 1895 anknüpfend, die Gummibildung in Wurzeln und Früchten der Akazien mit der in den Stämmen verglichen und ist zu folgenden Ergebnissen gekommen:

1. Die aufeinanderfolgenden Erscheinungen der Gummose sind in Wurzel und Stamm gleich. Der Prozeß beginnt im tieferen Periderm, läßt die primäre Rinde der Wurzel verschwinden, und im Pericykel hören die Strukturveränderungen auf.

2. Die Auflösungen und die Entstehung der Stücke gehen in der Wurzel langsamer vor sich als im Stamm.

3. Das Gummi häuft sich oft in großen Mengen im sekundären Holz der Wurzeln an. Zuerst werden die Gefäße angefüllt und von hier aus wird das benachbarte Holzparenchym in Mitleidenschaft gezogen, das sich rund um die Gefäße ausbreitet.

4. Die Gefäße der Gummiregion sind oft durch große und zahlreiche Thyllen verstopft.

Die Gummibildung erfolgt entweder in der Rinde oder im Holze, oder in beiden. So wie die Markstrahlen, kann auch das Mark an der Gummosis Anteil nehmen.

Als äußere Bedingung für die pathologische Gummibildung ist immer Verwundung anzusehen, was namentlich in jenen Fällen mit Klarheit hervortritt, wo die Entstehung des Gummi sichtlich vom Kambium ausgeht. Der Wundreiz übt eine spezifische Wirkung auf das Kambium

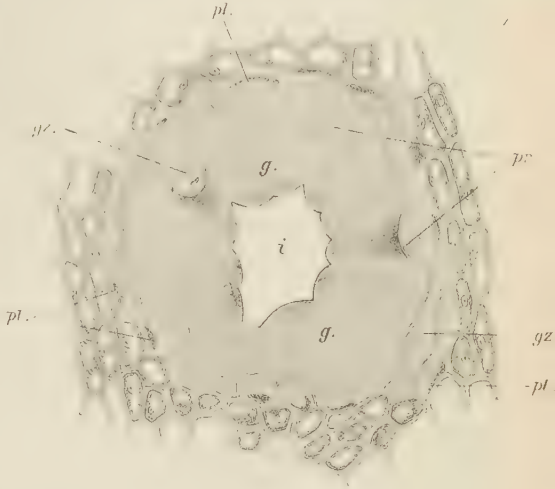


Abb. 12.
Gummibildung bei *Prunus domestica*. Querschnitt durch einen kambialen Gummiraum, *g* Gummi, bei *i* leer. Einzelne Gummizellen *gz* ganz in Gummi umgewandelt, einzelne mit sichelförmigen Protoplasmakörpern, *pl*, *pr* primäre Membranen. Vergr. 300mal. (Nach Mikosch.)

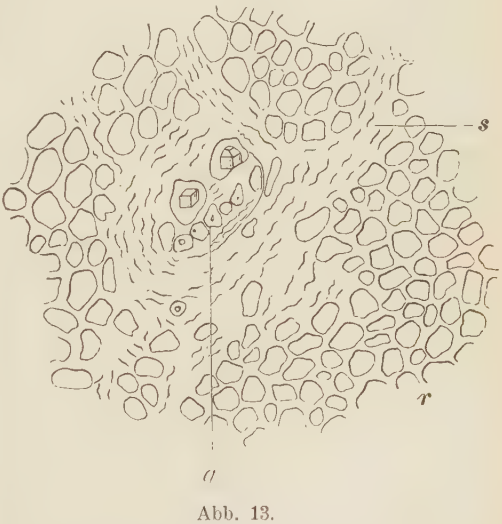


Abb. 13.
Beginn der Gummibildung in den Phloemsträngen der Rinde von *Acacia senegal* bei *g* und *s*. *r* Phloemparenchym. (Nach J. Moeller.)

aus, und bewirkt, daß ein von dem normalen verschiedenes, pathologisches Gewebe entsteht, welches unter der Einwirkung der lebenden Substanz zur Gummibildung führt.

Die Verwundung, welche die Bildung des pathologischen Gummi veranlaßt, erfolgt häufig aus eigenem Antrieb, besonders dann, wenn nach längerer Regenzeit die gummiliefernden Gewächse starker Sonnenglut ausgesetzt sind. Es erfolgt eine ungleichmäßige Zusammenziehung der gequollenen Gewebe, besonders der Rinde, welche zur Rißbildung führt. Die großen Massen von Senegalgummi, die alljährlich geerntet werden, entstehen nur durch solche spontanen Rißbildungen. Dagegen wird die Entstehung der Hauptmasse des Tragants und vielfach auch des arabischen Gummi durch künstliche Wunden herbeigeführt, welche immer einen reichlicheren Gummifluß bewirken. Deshalb wurde mehrfach der Vorschlag gemacht, in der Heimat des Senegalgummi, wo man sich auf die natürlich herbeigeführte Wundbildung verläßt, den Gummiertrag durch künstliche Verwundung zu steigern.

Die Gummibildung hängt auch mit den Lebenszuständen der betreffenden Holzgewächse zusammen. Ein bestimmtes Alter, in welchem bereits eine starke Rinden- und Holzbildung eingetreten ist, bildet ein Erfordernis der Gummibildung. Während der Belaubung tritt keine Gummibildung ein, wohl aber zur Zeit der Blüte oder unmittelbar darauf. Nach übereinstimmenden Berichten findet in der Regenzeit keine Gummibildung statt, wohl aber in der darauffolgenden Trockenperiode.

Es soll noch erwähnt sein, daß das pathologische Gummi den physiologischen Zweck hat, die Wunden, denen es seine Entstehung verdankt, zu verschließen und dadurch die schädlichen Folgen der Wundbildung zu verhindern.

Nachdem es Wiesner[123]) gelungen war, im arabischen Gummi und in allen anderen von ihm in dieser Richtung untersuchten Gummiarten ein spezifisches Enzym nachzuweisen, bildete er sich die Ansicht, daß die Entstehung des Gummi in der Pflanze auf einem enzymatischen Prozeß beruhe. Die Enzyme der Gummiarten wurden oben eingehend abgehandelt, wobei aber ihre Beziehung zur Entstehung des Gummi in der Pflanze nicht in Betracht gezogen wurde.

Diese Beziehung is noch keineswegs geklärt; die von Wiesner zuerst geäußerte Auffassung gewinnt immer mehr Boden. Pfeffer[84]), Grüß[39]), Mikosch[75]), Grafe[35]), [36]), Grüß und Sorauer[40]) und selbst Reinitzer[89]), [90]), welcher seine Ansicht anfangs bekämpfte, hat die Wahrscheinlichkeit, daß das Gummi in der Pflanze durch einen enzymatischen Prozeß entstehe, schließlich einräumen müssen.

Nach den Untersuchungen Sorauers[107]) ist es falsch, anzunehmen, daß bei den Kirschbäumen nur der Wundreiz den Gummifluß veranlaßt. Ein Wundreiz löst nur dann gummose Schmelzungen aus, wenn hydrolysierende Enzyme gegenüber den koagulierenden im Überschuß vorhanden sind. Dieses Mißverhältnis stellt sich nicht nur bei Frostwunden ein, sondern zeigt sich auch mehrfach an unverletzten Gewebekomplexen.

Vielfach wird angegeben, daß von außen in die Gummipflanzen eindringende Parasiten und Saprophyten oder die Pflanzen von außen angreifende Tiere (Ameisen, Käfer, Raupen usw.) [Busse[12])] als eigentliche Ursachen der Gummosis anzusehen seien. Alle diese Angaben haben sich aber als unrichtig oder übertrieben erwiesen, da die Gummibildung häufig ganz unabhängig von solchen Organismen vor sich geht, oder die durch diese hervorgerufenen Verletzungen den Prozeß der Gummosis nicht eigentlich hervorrufen, wohl aber begünstigen.

So wurde behauptet, daß ein auf *Acacia senegal* (= *Acac. verek*) parasitisch auftretender *Loranthus* die Gummibildung am Stamme dieses Baumes hervorrufe [Martin[71])]. Es sei hier noch angeführt, daß nach Aderhold[1]) der Pilz *Clasterosporium carpophilum* (Lév.) Aderh. (= *Coryneum Beijerinckii* Oudem.) nur insofern bei der Gummosis der Kernobstbäume beteiligt ist, als er Enzyme ausscheidet, die im Kambium die Gummibildung hervorrufen. Wie man sieht, hält auch Aderhold die pathologische Gummibildung für einen durch Enzyme hervorgerufenen Prozeß. Louvet und Corre[65]) haben dagegen gezeigt, daß dieser *Loranthus* (*L. senegalensis* Martin) die Gummosis dieses Baumes wohl befördere, aber nicht bedinge.

Die von Beijerinck[8]) u. a. aufge-

stellte Behauptung, daß Pilze als Ursache der Gummibildung anzusehen seien, hat sich nicht bewahrheitet [Tschirch[113])]. Daß die Gummosis keine bakterielle Erkrankung ist, wie Prillieux angab, hat hinsichtlich des bei der Rebe auftretenden Gummi Rathay[87]) gezeigt. Der Pilz, welcher als Ursache der Gummosis angesehen wird, das *Coryneum gummiparum* Oudem., bildet nach Beijerinck[8]) angeblich Hefeformen, welche in arabischem Gummi zu finden sein sollen. Über Pilze als Verursacher der Gummibildung überhaupt und speziell auch der Bildung des arabischen Gummi s. auch Oudemans (Hedwigia, Nr. 8, 9 und 11). Über die Entstehung von pathologischen, der Gummosis nahe verwandten Bildungen (Schleimflüsse der Eichen, Ahorne, Pappeln usw.) infolge der Einwirkung von Pilzen s. auch Ludwig[66]).

Später tauchte der Gedanke, daß die Gummosis eine bakterielle Erkrankung sei, nochmals auf. Am stärksten betonte G. Smith[105]) die Bedeutung der Bakterien für die Gummibildung. Nach seinen Angaben gelangen Bakterien in den »Baumsaft«, und von dem spezifischen Charakter der Bakterien soll die Qualität des sich bildenden Gummi abhängen. Am besten soll das *Bacterium acaciae* wirken, und er empfiehlt die Impfung der Gummibäume mit reingezüchtetem *Bacterium acaciae* und noch anderen Spaltpilzarten. Diese schon von vornherein fraglichen Angaben haben bis jetzt keine Bestätigung gefunden.

B. Besonderer Teil.

I. Vorkommen des Gummi.

Gummi ist einer der häufigsten Pflanzenbestandteile, wie die bis jetzt schon ausgeführten Analysen von Pflanzen und Pflanzenteilen lehren [Flückiger[31]), Czapek[17]), Wehmer[122]), Rochleder[92]), Husemann[55])].

In diesem Abschnitt ist nur von den Pflanzen die Rede, welche pathologisches Gummi bilden. Nur diese bilden Sammelprodukte, die im Handel als Gummi erscheinen.

Es kommen also hier nur solche Körper zur Sprache, welche ein der Hauptmasse nach aus Gummi bestehendes Produkt erzeugen; es sind somit alle Gewächse ausgeschlossen, welche Gummiharze liefern, also Stoffe, die Gemenge von Harz und Gummi sind. Obgleich die Menge des Gummis in diesen Gummiharzen oft beträchtlich ist und nicht selten ein Drittel des Gewichtes des Rohstoffes ausmacht, so wird es doch für die Zwecke der Technik und überhaupt des praktischen Gebrauches nicht abgeschieden. Auch die gummireichen Arten von Kino sind aus demselben Grunde hier ausgeschlossen. Nur auf einige als Gummi bezeichnete Produkte, die aber besser zu Kino (s. den Abschnitt: Gerbstoffe) zu stellen sind, wird in diesem Abschnitt hingewiesen werden.

Es folgt nunmehr eine Zusammenstellung der zumeist baumartigen Gewächse, welche Gummi in größeren Mengen hervorbringen. Die Gummiarten, deren Stammpflanzen hier mit gesperrter Schrift bezeichnet sind — die wichtigsten von allen, besonders in technischer Richtung —, werden im nächstfolgenden Abschnitt ausführlich abgehandelt werden. Zahlreiche Gewächse, deren Gummi aber nur eine beschränkte lokale Anwendung, zumeist zu Heilzwecken, findet und die in dem nachfolgenden Verzeichnis keine Aufnahme gefunden haben, da bis jetzt keine Aussicht vorhanden ist, daß ihre Produkte einer technischen Verwendung zugeführt werden, sind in dem Werke G. Dragendorffs[21]) genannt.

1. Cycadaceae.

Encephalartos sp. (*E. caffer* Miq.? *E. horridus* Lehm.?). Grahamstown (Cap.). Über Anisotropie dieser Gummiart siehe Schwendener[102]).

2. Palmae.

Cocos nucifera L. s. Kokosgummi.

Borassus flabelliformis L. Ostindien. Palmyra gum.[172]).

Saribus rotundifolius Blume. Java, Celebes. Henkel[173]).

3. Bromeliaceae.

Puya coarctata Fisch. (= *P. suberosa* Mol. = *P. chilensis* Mol. = *Pourretia coarctata* Ruiz et Pav. = *Pitcairnea chilensis* Lodd.)

P. lanuginosa Schult. (= *Pourretia lanuginosa* Ruiz et Pav.)

P. lanata Schult.

} s. Chagualgummi, B, II, 8.

P. tuberculata Mart. (= *Cavanilla tuberculata* Kost.). Chili. Auch diese *Puya*-Art soll Chagualgummi liefern. Dragendorff[21]).

4. **Moringaceae.**

Moringa pterygosperma Gärt. s. Moringagummi.

5. **Rosaceae** (Prunoideae).

Prunus avium L.
P. cerasus L.
P. domestica L.
P. puddum Roxb.
Amygdalus communis L.
A. leiocladus Boiss.
A. spartioides Boiss.
} siehe bei Prunoideengummi, B, II, 5.

Persica vulgaris DC. (*Prunus persica* L.). Das Gummi der Pfirsichbäume wird in China, wo es Táu-Kian genannt wird, und in Indien, wo es Aru, Reck, Mandala heißt, gesammelt. G. Dragendorff[21]).

Armeniaca vulgaris Lam. (= *Prunus armeniaca* L.). Persien, Armenien, bei uns (»Aprikose« oder »Marille«) kultiviert. Liefert Gummi. Dragendorff[21]). Liefert Arabinose und Galaktose, enthält zwei oxydierende Enzyme und gibt 2,8% Asche, welche angeblich frei von Mangan und Eisen sein soll. Lameland[174]).

6. **Rosaceae** (Spiraeoideae).

Quillaja smegmodermos DC. Chili. Schönes, hellgelb gefärbtes glänzendes Gummi, welches mit Wasser einen klaren farblosen Schleim liefert, sich aber im Wasser nicht löst.

7. **Leguminosae** (Mimosoideae).

Bezüglich der 22 bisher bekannt gewordenen deutsch-ostafrikanischen *Acacia*-Arten wird angegeben, daß sie alle Gummi absondern. Taubert[110]). Ob alle Spezies der Gattung *Acacia* — man zählt an 500 Arten — Gummi ausscheiden, ist wohl behauptet worden, aber nicht erwiesen. Die Ausscheidung von Kino oder die Erzeugung jener Stoffe, welche Katechu liefern, schließt, wie wir sehen werden, nicht aus, daß dieselbe Spezies auch Gummi ausscheidet. Es ist aber nach Analogie anderer Gewächse als wahrscheinlich anzunehmen, daß die harz ausscheidenden *Acacia*-Arten, wie z. B. die ostaustralische *Acacia verniciflua* Cunn., kein Gummi liefern.

Acacia abyssinica Hochst. siehe Akaziengummi.

A. Adansonii Guill. et Perrott. Soll einen Teil des Senegalgummi liefern. Cat. des col. franç. Paris 1867.

A. albida DC. s. Akaziengummi (Senegalgummi).

A. angico Mart. Brasilien. Liefert ein dem arabischen Gummi ähnliches Produkt, welches in neuerer Zeit von Para in den Handel kommt. Symes[175]).

A. arabica Willd. (= *A. nilotica* Del. = *A. vera* Willd. nach Bentham = *Mimosa arabica* Lam.) s. Akaziengummi.

A. catechu Willd. (= *Mimosa catechu* L. fil. = *A. sundra* Roxb.) s. Akaziengummi.

A. dealbata Link s. Akaziengummi (australisches Gummi).

A. decurrens Willd. Dieser australische Baum, von welchem eine Art des australischen Kino stammt, soll auch Gummi liefern [Schwanert und Stohmann[176]), Stuhlmann[177]) über Rinde und Gummi der Gerberakazie, *Acacia decurrens*. Es scheint sich aber bei diesem Baume nicht um Gummi, sondern um ein gummireiches Kino zu handeln].

A. Ehrenbergiana Hayne
A. erioloba Willd.
A. Farnesiana Willd.
A. ferruginea DC.
A. fistula Schweinf. (= *A. seyal* Del. var. *fistula*)
A. giraffae Burch.
A. glaucophylla Steud.
A. gummifera Willd.
} s. Akaziengummi, B, II, 1.

A. homalophylla Cunn. s. Akaziengummi (australisches Gummi).

A. horrida Willd. s. Akaziengummi.

A. Jacquemontii wurde unter dem Namen »Karachi« eine Reihe von Jahren gehandelt. Es ist geringwertiger als arabisches Gummi, wird aber in der Medizin und in der Papierfabrikation verwendet.

A. raroo Hayne (= *A. horrida* Willd.).

A. Kirkii Oliv. s. Akaziengummi, B, II, 1.

A. leukophloea Willd. Indien, Java. Liefert ein Gummi, welches zum Teil aus Bassorin, zum Teil aus Arabin besteht und nebenher noch 20% Gerbstoff enthält. Rideal[178]).

A. micrantha Benth. Liefert in Venezuela eine Gummiart, genannt Goma de

cujé. A. Ernst[179]). Kommt auch in Mexiko vor.

A. mollissima Willd. s. Akaziengummi (australisches Gummi), B, II, 1, e.

A. neboued Guill. s. bei Senegalgummi, B, II, 1, b.

A. paniculata Willd. Liefert in Venezuela eine Gummiart, genannt Goma de tiamo. A. Ernst[180]), Kommt auch in Brasilien vor.

A. pycnantha Benth. s. Akaziengummi (australisches Gummi), B, II, 1, e.

A. reficiens W. et P., der Salganbaum der Araber. Kordofan. Soll ein brauchbares Gummi liefern[181]).

A. retinoides Schlecht. Liefert angeblich australisches Gummi.

A. seyal Del.
A. spirocarpa Hochst.
A. stenocarpa Hochst.
A. tortilis Hayne
} siehe Akaziengummi, B, II, 1.

A. usambarensis Taub. Ehem. Deutsch-Ostafrika. Das Gummi dieser Akazie (Magwende) könnte in großen Quantitäten gesammelt werden. Als Ersatz für arabisches Gummi ist es aber nicht verwendbar, wohl aber als Ersatz für Tragant, da es reich an Bassorin ist. Man hat bisher erfolglose Versuche gemacht, um es in den Handel zu bringen. Wie in vielen anderen Gummiländern wird auch in Usambara und den benachbarten Gebieten dieses Gummi gegessen. Busse[12]). C. Mannich, Gummiarten aus Deutsch-Ostafrika. Tropenpflanzer VI (1902). Wiesner[125]) hat Proben des Gummi von *Acacia usambarensis* untersuchen können, welche Holst in Deutsch-Ostafrika gesammelt hatte. Die Stücke sind meist rundlich. Die Oberfläche ist glatt, wenig rissig, mit der Lupe betrachtet körnig-streifig. Frisch aufgebrochen sind die Stücke glasartig, brechen muschlig und haben eine braune Farbe. Der Strich ist fast weiß, ebenso das Pulver. Dieses Gummi läßt sich pulverisieren, aber nicht so leicht wie arabisches Gummi. Die Härte entspricht der der gewöhnlichen Gummiarten. Es löst sich nur zum Teil in Wasser, der Rest ist quellbar. Im löslichen Anteil des Gummi kommt das im arabischen Gummi nachgewiesene Enzym vor. Nach Ausweis der Guajakprobe ist dieses Gummi besonders reich an Oxydasen. Seine wässrige Lösung wird nämlich durch Guajaktinktur auffällig intensiv blau gefärbt. Von Chloralhydrat wird es bis auf eine zurückbleibende zarte Gallerte gelöst.

A. verek Guill. et Perrott. (= *A. senegal* Willd. = *Mimosa senegal* L.) s. Akaziengummi (arabisches- und Senegalgummi).

A. verugera Schweinf. Wiesner[125]) hat ein Gummi dieses Baumes, das Schweinfurth in Faschoda sammelte, untersucht. Es besteht aus honiggelben bis honigbraunen Körnern, löst sich nur teilweise in Wasser, läßt 4—5 % unlösliches (quellbares) Gummi zurück und stellt eine geringe Sorte des arabischen Gummi dar.

A. xanthophloea Benth. s. Akaziengummi.

Albizzia amara Boiv. Wiesner[125]) untersuchte ferner ein von Schweinfurth in Abessinien gesammeltes Gummi. Es bildet lichtgelbe bis honigbraune Massen, die teils glasig, teils infolge reichlichen Luftgehaltes bimssteinartig aussehen, sich leicht pulverisieren lassen, sich aber nicht vollständig in Wasser lösen. Das unlösliche (quellbare) Gummi bildet nach Entfernung des löslichen Gummi eine bräunlich gefärbte gelatinöse Masse. Zur Bestimmung des unlöslichen Anteils reichte das Material nicht aus, doch hat es den Anschein, als wäre die Menge des unlöslichen Gummi geringer als bei *Acacia verugera*. Es entspricht einer geringen Sorte von arabischem Gummi.

A. lebbek Benth. (= *Acacia lebbek* Willd.). Tropisches Afrika und Asien. Liefert ein Gummi. Hooker[182]).

Albizzia procera liefert in Indien und Australien ein Gummi, das dort in Mengen gesammelt wird, mehr oder weniger dunkel ist und sich nur teilweise löst. de Sornay[108]).

A. fastigiata Oliv. Liefert angeblich ein Harz. Nach C. Mannich ist das Ausschwitzungsprodukt aber ein Gummi. Dieses Gummi ist dem Tragant ähnlich, enthält viel Bassorin und wenig einer wasserlöslichen Gummiart, wahrscheinlich Arabin. Es ist hart und spröde, und gibt 3,80% Asche. [C. Mannich, Notizblatt des bot. Gartens, Berlin III (1900—1903). Derselbe, Gummiarten von Deutsch-Ostafrika. Tropenpflanzer V (1901)]. Fast alle Albizzien enthalten Gummi, das aber im allgemeinen wenig wertvoll ist. Das von

Albizzia stipulata wird in Nepal in der Papierfabrikation verwandt. [de Sornay[108]).]

Algaroba glandulosa im Westen von Texas an den Ufern des Colorado liefert ein Gummi, das Mesqueet genannt wird. Im Juli und August kann es in großen Mengen gesammelt werden. Es ist hell- oder dunkelgelb. [de Sornay[108]).]

Piptadenia cebil Griseb. Argentinien. Liefert ein Gummi, genannt Cebil, welches 80% Arabin enthält. [Domingues, Note sur deux gommes de la Républ. Argent. Revue farmac. Buenos Aires 1909. E. de Wildeman, Revue de cultures coloniales XIV (1909).]

P. rigida Benth. Brasilien. Liefert ein 80% Arabin enthaltendes Gummi. Es ist in Brasilien unter dem Namen gomme angico bekannt und wird dort sehr hoch bewertet. [Dominigues (s. *Pipt. cebil.*).]

Pithecolobium hymenaeaefolia Benth. Venezuela. Liefert ein Gummi, genannt »Goma de orore«. [A. Ernst, La exposicion nacional I. Caracas 1886, S. 257.]

Enterolobium cyclocarpum Gris. Zentralamerika, Venezuela und Westindien. Liefert in Venezuela eine Gummiart, genannt »Goma de caro«. A. Ernst[27]). Eine von Wiesner untersuchte Probe dieser Gummiart aus Costarica (Nicoya), bezeichnet als »Goma de Guancaste«, hatte folgende Eigenschaften: Runde Körner von honigbrauner bis zirkonroter Farbe. Bemerkenswert scheint es, daß einzelne Körner sehr verschiedenfarbig sind (teils braun, teils zirkonrot). Die Oberfläche der Körner ist matt schwarzbraun, von wenigen, stets nur klaffenden Rissen durchsetzt. Wasser löst etwa 10% Gummi; die Lösung hat eine weingelbe Farbe. Der rotbraune gequollene Rückstand wird durch Kalilauge etwas dunkler, durch Salzsäure sehr lebhaft rotviolett gefärbt. Die Menge des quellbaren Gummi beträgt etwa 90%, auf Trockensubstanz bezogen. Das Gummi scheint in Wasser nicht ganz unlöslich zu sein, doch gehören schon große Wassermengen dazu, um nur kleine Quantitäten der gequollenen Gummimasse in Lösung zu bringen.

E. ellipticum Benth. (= *Pithecolobium gummiferum* Mart.). Brasilien. Liefert angeblich ein dem Senegalgummi ähnliches Produkt[183]).

Prosopis cumanensis Hub. Bonp. et K.
P. dulcis Kunth (= *Acacia dulcis* Willd.)
P. glandulosa Torrey
P. horrida Kunth
P. inermis Humb. et. Bonp.
P. juliflora DC.
P. microphylla Humb. et Bonp.
P. pubescens Benth.

} s. Mesquitegummi, B, II, 4.

Parkia sp. Der Petébaum liefert ein dem arabischen Gummi ähnliches Produkt [Miquel[184])].

Adenanthera pavonina L. Indien. Soll ein Gummi liefern, das in Indien Madatia genannt wird [Cooke[14])].

8. **Leguminosae** (Caesalpinioideae).

Hymenaea courbaril Link. Brasilien. Soll ein dem arabischen Gummi ähnliches Produkt liefern, welches angeblich auch auf dem Londoner Markt erscheint[185]) [Flückiger[186])]. Die Ableitung einer Gummiart von einem so ausgesprochenen Harzbaum wie *Hymenaea courbaril* scheint wohl irrtümlich zu sein.

Cassia fistula L. (*Cathartocarpus fistula* Pers.). Indien, in den Tropen oft kultiviert. Liefert Gummi [Cooke[14])]. Das in den Wiener Sammlungen enthaltene Produkt ist ein fast schwärzliches, in Wasser zum größten Teil unlösliches (quellbares) Gummi.

Mezoneuron Scortechinii F. von Müll. Australisches Baristergummi. Scheint dem Kirschgummi oder dem Tragant näher zu stehen als dem arabischen Gummi.

Theodora sp. Seriba, Zentralafrika. Liefert ein dunkelfarbiges, tragantartiges Gummi von geringem Wert.

Caesalpinia praecox Ruiz et Pav. Liefert in Argentinien ein Gummi, genannt »Brea«, das 80% Arabin enthält. Domingues[187]), Note sur deux gommes de la Républ. Argent. Revue farmaceutique. Buenos Aires 1904 [E. de Wildeman[188])].

Berlinia Eminii Taub. Im Trockenwalde des ehem. Deutsch-Ostafrika (Ugogo) sehr häufig. Liefert nach C. Mannich ein Gummi, das aber nicht als »arabisches Gummi« bezeichnet werden kann, vielmehr nach seinen Löslichkeits- und Quellungsverhältnissen einer geringen Tragantsorte gleichkommt[189]). Nach E. Schaer[190]) ist das sogenannte Gummi

von *Berlinia Eminii* ein Gemenge von Gummi und Kino; ersteres bildet braungelbe bis 1 cm dicke Stücke, letzteres kleine, dunkle, mehrere Millimeter dicke Brocken. Das Gummi ist nicht löslich in Wasser, quillt aber stark auf. Das Kino löst sich in Alkohol. Durch Chloralhydrat erfolgt Lösung des Ganzen, aber es wird rasch eine stark gelatinöse Masse gebildet. Wiesner[125]) fand im sog. Gummi von *Berlinia Eminii* Gummistücke und eine Substanz, die dem Kino untergeordnet ist. In einzelnen Stücken waren der braunen Kinomasse Gummikörner eingelagert, so daß das Ganze Mandelstruktur aufwies. Frisch aufgebrochene Gummistücke sind gelblich, mattglänzend, in dünnen Schichten durchscheinend. An der Luft wird das Gummi leberbraun, opak, fast glanzlos. Es ist zäher als Tragant und so spröde wie arabisches Gummi. In Wasser löst sich nur ein geringer Teil, die Hauptmasse quillt zu einer Gallerte. Es enthält ein oxydierendes Enzym in anscheinend reicher Menge, da die Lösung mit Guajaktinktur sich intensiv bläut. In der Härte stimmt es mit Steinsalz überein und ist härter als Muscovit, den es stark ritzt. Unter dem Mikroskop sieht man deutliche organische Struktur, etwa wie bei Tragant oder besser noch wie beim Moringa-Gummi, denn bei Behandlung mit Wasser bleibt innerhalb der aufquellenden Membranen ein brauner Zellinhaltsrest zurück, der auch durch längere Einwirkung des Wassers nicht verändert wird.

9. **Leguminosae** (Papilionatae).

Tragant (hier nur aufgeführt. Näheres über Tragant siehe Abschnitt: Schleime).

Astragalus adscendens Boiss. et Haussk.
A. brachycalyx Fischer
A. creticus Lam.
A. gummifer Labill.
A. heratensis Bunge
A. kurdicus Boiss.
A. leioclados Boiss.
A. microcephalus Willd.
A. parnassii Boiss. var. *cylleneus* (= *A. cylleneus* Boiss. et Heldr.)
A. pycnocladus Boiss. et Haussk.
A. strobiliferus Royle
A. stromatodes Bunge
A. verus Oliv.

Adermia balsamira ist ein kleines Bäumchen oder auch ein Strauch, der in Chile unter dem Namen Jarilla bekannt ist. Er erzeugt ein balsamisches Gummi, das in einigen Lokalindustrien verwendet wird [de Sornay[108])].

Entada sudanica. Rayband[86]) gibt an, daß diese Pflanze ein Gummi liefere, das zu 90% wasserlöslich sei, die restlichen 10% seien Tragantgummi, in dem sich eine Fehlingsche Lösung reduzierender Zucker befände.

10. **Rutaceae.**

Feronia elephantum Corr. s. Feroniagummi B, 2.

11. **Simarubaceae.**

Simaruba excelsa DC. Caraïben und Jamaika. Liefert ein Gummi [Ludwig[191])].

12. **Meliaceae** (Cedreloideae).

Cedrela odorata L. Westindien, Südamerika. Liefert in Venezuela eine Gummiart, genannt Goma de cedro. Enthält nur 25% lösliches Gummi. A. Ernst[192]), Grupe[193]).

C. toona Roxb. Indien. Liefert Gummi [Cooke[194])].

13. **Meliaceae**
(Melioideae und Frietenioideae).

Melia azedarach L. Indien, Japan [Thunberg[195]), Cooke[196])].

Swietenia senegalensis Desc. Senegalländer. Liefert ein braunes, quellbares Gummi. (Wiener Sammlungen.)

Flindersia maculosa F. v. Müll. Neusüdwales und Queensland. Liefert ein dem arabischen ähnliches Gummi, das bis zu 80% Arabin enthält [Maiden[197])].

Khaya madagascarensis Jues. Gelbes bis braunes, in Wasser nur zum Teile lösliches Gummi. Das lösliche Gummi ist rechtsdrehend. Enthält Enzyme (Oxydasen, Peroxydasen und Emulsin) [A. Gérard[198]), Beckurts[199])].

K. senegalensis Juss. Das Gummi dieses Baumes besteht aus Arabin und Galakton, und enthält ein Enzym (Oxydase) [Delacroix[200])].

14. **Anacardiaceae.**

Anacardium occidentale L. (= *An. oc.* Gärtn. = *Cassuvium pomiferum* Lam.) s. Anakardiumgummi, B, II, 3.

A. humile St. Hil. und *A. nanum* Jacq., beide in Brasilien, sollen auch Gummi liefern [Dragendorff[201])].

Spondias cytherea Sonner. Martinique [Kosteletzky[202])].

Sp. dulcis Fors. Gomme de Mombin. Guadeloupe [Kosteletzky[202])].

Sp. Wirtgenii Miq. Liefert auf Java ein dem arabischen Gummi in der Verwendung gleichkommendes Produkt [Miquel[203])].

Sp. lutea L. Tropen. Liefert in Venezuela ein Gummi, genannt Goma de jobo. [A. Ernst[192])].

Mangifera pinnata Lin. fil. (= *Spondias mangifera* Willd.). Malabar. Liefert Amra, das früher medizinisch benutzt wurde. [Rheede[204]), Kosteletzky[205]), Prebble[206])].

M. indica L. [Watt[207]), P. Lameland[208])].

Odina Wodier Roxb. Roxburgh[209]), Miquel[210]). Soll in Wasser vollkommen löslich sein und eine Sorte des indisch-arabischen Gummi bilden. [The Chemist and Druggist 1897.] Nach Watt[211]) ist es nur teilweise in Wasser löslich.

O. gummifera Bl. Liefert auf Java viel Gummi, welches zu technischen Zwecken benutzbar sein dürfte [Miquel[210]), Blume[212])].

O. fructicosa Hochst. Abessinien. Liefert ein Gummi, welches zur Verfälschung von arabischem Gummi verwendet wird[213]).

Rhus metopium L. Jamaika. Kosteletzky[214]). Dieser Baum scheint indes weder ein benutzbares Gummi noch Harz zu liefern [Macfayden[215])]. Es wird auch angegeben, daß *Rhus metopium* ein drastisches Harz liefere [Wehmer[216])].

15. Bombacaceae.

Adansonia digitata L. Tropisches Afrika[217]). Aus der Rinde quillt ein tragantartiges Gummi [Rein[218])].

Eriodendron antractuosum DC. Indien. Liefert ein geringes, im Aussehen dem Cochlospermumgummi ähnliches Produkt [Watt[219])].

Bombax malabaricum Roxb. und *B. pentandrum* L. Malabargummi. Ostindien [Wiesner[220])].

16. Sterculiaceae.

Sterculia urens Roxb. Soll ein dem Tragant ähnliches Gummi liefern [Roxburgh[221])]. Wird oft als Stammpflanze des Kuteragummi genannt. L. Mangin[222]) leitet das Kuteragummi von der nächstfolgenden Pflanze ab.

St. tragacantha Lindl. s. Tragant, beim Abschnitt Schleime.

Sterculia tomentosa Heckel (*St. tomentosa* Guill. Perrott. et Rich.?). Tropisches Afrika. Liefert ein tragantähnliches Gummi, das dem Gummi von *Cochlospermum gossypium* am nächsten stehen soll. Im Sudan heißt dieses Gummi Gomme de M'beppe, in Loanda Chixé oder Ici ia Chixé. Nach Schlagdenhauffen (zitiert bei Heckel, s. unten) beträgt die Dichte dieser Gummiart 1,416, sie hinterläßt 7,65 % Asche und enthält 7—8 % lösliches Gummi [Bouchez[223])]. Eine ausführliche Beschreibung des Gummi und seiner Stammpflanze gab Ed. Heckel[224]).

Brachychiton populneum R. Br. Neuholland. Liefert ein fast farbloses tragantartiges Gummi. (Wiener Sammlungen.)

17. Cochlospermaceae.

Cochlospermum gossypium DC. (= *Bombax grandiflorum* Sonner.) s. Cochlospermumgummi B, II, 9.

18. Cactaceae.

Cactus opuntia L. subinermis. Guadeloupe. Soll ein bassorinreiches Gummi liefern[225]). Über *Cactus opuntia* s. Bazir und Guibourt[226]).

Opuntia ficus indica Mill. Südamerika; in Südeuropa kultiviert. Liefert nach Schacht[227]) ein dem Tragant ähnliches Gummi; in Carabobo (Venezuela) ein Gummi, genannt Goma de tuna [A. Ernst[228])]. Über dieses Gummi s. auch T. F. Hanausek[229]). Es wird nach ihm nicht nur in Venezuela, sondern auch auf den Antillen in beträchtlicher Menge gesammelt. Es bildet ansehnliche knollenförmige Massen, entsteht ähnlich wie Tragant durch Verquellung von Zellhäuten, löst sich nicht in Wasser, quillt aber darin stark auf. Es umschließt Stärkekörner und Rindenparenchymmassen, deren dickwandige Elemente Kristalldrusen von Kalziumoxalat, Farbstoff und Gerbstoff enthalten.

Cereus sp. Guárico (Venezuela). Liefert »Goma de cardón« [A. Ernst[230])].

Peireskia sp. Venezuela. Liefert ein unter dem Namen »Goma de Guamacho« bekanntes Gummi [A. Ernst[230])].

19. Penaeaceae.

Penaea mucronata L.
P. sarcocollo L.

Beide im südlichen und nordöstlichen Afrika. Liefern die ehemals medizinisch benutzte *Sarcocolla*. Vgl. Handbücher der Pharmakognosie (Henkel, Berg usw.).

20. Araliaceae.

Panax Murrayi F. Müll. [J. H. Maiden[231])]. Panax gum. Australien. Ist dem Akaziengummi ähnlich, enthält 85 % Arabin und soll ein gutes Ersatzmittel für arabisches Gummi sein.

21. Combretaceae.

Anogeissus latifolia Wallich. Ostindien. Liefert ein dem arabischen ähnliches Gummi, aber von geringerer Qualität. In Indien wird es noch im Zeugdruck angewandt. Die Klebkraft ist geringer als die des arabischen Gummi. Watt[232]), Dymock[233]), Dymock, Warden and Hooper[234]). In Süd- und Zentralindien bis 3000 Fuß im Gebirge ansteigend.

Combretum Hartmannianum Schweinf. Das Gummi dieses Baumes soll zur Verfälschung des arabischen Gummi benutzt werden[235]).

C. sp. Deutsch-Ostafrika, Adamana. Liefert eine Art arabisches Gummi, »Mumuye« genannt [Dalziel[236])].

22. Borraginaceae.

Cordia Rothii R. et Sch. Nördlicher Sudan. Liefert ein Gummi, welches zur Verfälschung von arabischem Gummi benutzt wird[237]).

23. Compositae.

Echinops viscosus DC. Mediterrangebiet. Orient. Liefert nach Landerer ein bassorinreiches Gummi, den Pseudomastix (Angado Mastiche), welcher in Griechenland wie Mastix gekaut wird.

Atractylis gummifera L. Mittelmeerländer und Orient. Dient nach Landerer zum gleichen Zweck und soll auch zum Verfälschen des Mastix angewendet werden. Nach diesem Autor liefert *Atr. g.* kein Harz, sondern wie die früher genannte Komposite ein bassorinreiches Gummi [Landerer[238])]. Nach H. Karsten[239]) soll die Ausscheidung dieser Pflanze viszinhaltig sein. Enthält nach Lefranc eine charakteristische Säure, die Atraktylsäure, welche in der Pflanze als Kaliverbindung auftritt.

II. Besondere Betrachtung der Gummiarten.

Die Gummiarten lassen sich in folgender Weise einteilen:

1. Arabinreiche. Sie bestehen der Hauptmasse nach aus Arabin. Zerasin und Bassorin kommen darin nicht, oder doch nur in kleinen Mengen vor. Hierher gehören alle guten Sorten von Akaziengummi, Feroniagummi, Anakardiumgummi und einige andere.

2. Zerasinreiche. Sie sind wechselnde Gemenge von Zerasin und Arabin. Hierher gehört vor allem das Prunoideengummi (Amygdaleengummi, Kirsch-, Pflaumen-, Aprikosen- und Mandelgummi).

3. Bassorinhaltige. Gemenge von Bassorin und einer dem Arabin nahestehenden Gummiart. Kuteragummi, Bassoragummi, Kokosgummi, Chagualgummi, Moringagummi. (Tragant siehe Abschn. Schleime.)

4. Zerasin- und Bassorinhaltige. Gemenge von Zerasin und Bassorin. Gummi von *Cochlospermum gossypium*, B, II, 9.

In welchem Sinne die Ausdrücke Arabin, Zerasin und Bassorin zu nehmen sind, wurde früher erörtert. Als chemische Individuen werden diese drei Körper auch hier nicht aufgefaßt, sondern in dem mehr praktischen Sinne, daß hierunter Substanzen und zum Teil entschiedene Gemenge zu verstehen sind, welche sich durch ihre Löslichkeitsverhältnisse und andere leicht zu charakterisierende Eigentümlichkeiten voneinander unterscheiden.

Koks[59]) beschreibt eine Verwendung des Arabin als Kollobiase. Diese wird aus Arabin bzw. Gummi arabicum unter Zusatz des betreffenden Arzneimittels erhalten, wobei zunächst ein Zwischenprodukt entsteht, das durch Dialyse in die Kollobiase übergeht.

Um den Ansprüchen des Handels zu genügen, soll ein Gummi folgende Eigenschaften haben:

1. Eine Probe darf nur eine einzige Sorte enthalten, die von einer einzigen Art herstammt;
2. das Erzeugnis muß nach dem Bleichen klar sein;
3. Mischung mit Fremdkörpern muß vermieden werden;
4. ein gutes Gummi muß geschmack- und geruchlos sein und muß ebensolche Lösungen abgeben, darf in dieser Hinsicht keinesfalls unangenehm sein [de Sornay[108])].

1. **Akaziengummi.** Hierunter wird das Gummi der echten Akazien verstanden, also arabisches, Senegal-, Kap-, nord-, ost- und westafrikanisches, neuholländisches, endlich das ostindische von Akazien herrührende Gummi.

Man hat die genannten Gummiarten früher streng auseinander gehalten, und ihnen größere Unterschiede beigemessen, als ihnen in der Tat zukommen, bis Flückiger auf die große Übereinstimmung im physikalischen und chemischen Verhalten hinwies, die zwischen dem sogenannten arabischen (eigentlich nordostafrikanischen) und dem Senegalgummi besteht, die er als afrikanisches Gummi zusammenfaßte. Wiesner hatte aber den weiteren Nachweis geliefert, daß auch das australische und das Kapgummi mit den beiden genannten Gummiarten in wesentlichen Eigenschaften zusammenfallen, und hatte zur Vereinigung der vier genannten Gummen die Bezeichnung »Akaziengummi« in Vorschlag gebracht.

Mehr als eine Gattungsbezeichnung soll indes auch der Ausdruck »Akaziengummi« nicht sein. Denn je tiefer man in die Kenntnis der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Akaziengummen eindringt, desto mehr erkennt man, daß sie bei vieler Gleichheit in den äußeren Eigenschaften, im physikalischen und chemischen Verhalten voneinander abweichen, wie im Vorhergehenden nachgewiesen worden ist.

Große Lücken sind in Beziehung auf den Zusammenhang zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften einerseits und der botanischen Provenienz der Gummiarten andrerseits noch auszufüllen. Zu chemischen und physikalischen Untersuchungen der Gummiarten dient zumeist die Handelsware, von welcher man nur die geographische Provenienz kennt, und oft auch diese nicht sicher. Es wäre aber sehr wichtig, bei solchen Untersuchungen zu wissen, von welcher *Acacia*-Spezies (oder Varietät) das Gummi abstammt, denn es läßt sich erwarten, daß die spezifischen Eigenschaften der Gummiarten an den spezifischen Charakter ihrer Stammpflanzen gebunden sind.

Wieweit man die Abstammung der verschiedenen Arten des Akaziengummi kennt, soll im nachfolgenden erörtert werden.

Die botanische Herleitung des aus den Nilländern stammenden Gummi (sogenanntes arabisches Gummi) ist erst in neuerer Zeit geklärt worden. Bis in die neuere Zeit hat man es von *Acacia arabica* Willd., von der nahe verwandten *A. nilotica* Del., von *A. Ehrenbergiana* Hayne, *A. seyal* Del. und *A. tortilis* Hayne abgeleitet. Die neuren Autoren identifizieren zumeist *Acacia arabica* Willd. mit *A. nilotica* Del. [Schweinfurth[97])]. Da wurde zuerst von Cienkowski nachgewiesen, daß derselbe Baum, welcher in den Senegalländern Gummi (Senegalgummi) liefert, auch in den Nilländern, selbst in Kordofan, wo die besten Sorten des arabischen Gummi gewonnen werden, vorkommt, nämlich *A. senegal* (= *A. verek* G. et P.). Dieser Baum, in den Senegalländern »*Verek*« genannt, ist also identisch mit dem Baum, der in den Nilländern die im Handel gesuchte Sorte von sogenanntem arabischen Gummi hervorbringt und in diesen Gebieten den arabischen Namen »*Haschab*« führt. Trotz dieser schon im Jahre 1848 gemachten Auffindung blieb man doch noch 20 Jahre bei der alten Ableitung des arabischen Gummi und erst Schweinfurth wies auf den gleichen botanischen Ursprung des Senegal- und der besten Sorten des arabischen Gummi hin. Es hat sich auf Grund der wichtigen Beobachtungen und Nachrichten über die botanische Provenienz des Gummi der Nilländer, welche wir Schweinfurth[98]), [99]) verdanken, die Meinung gebildet, daß alles Akaziengummi, welches aus der nördlichen Hälfte Afrikas nach Europa gelangt, also sowohl das sogenannte arabische, als das Senegalgummi,

von einem und demselben Baume, nämlich von *Acacia senegal* abstamme. Daß der Baum »Haschab« das ausgezeichnete Kordofangummi liefere, hat bald nach Schweinfurths Untersuchungen durch Heuglin[48]) Bestätigung gefunden.

Die späteren Forschungen haben diese rasch angenommene und allzusehr erweiterte Ansicht doch wieder einigermaßen eingeschränkt. Auch wurden neue gummiliefernde Gebiete, namentlich Deutsch-Ostafrika, dem europäischen Handel erschlossen, und damit andere Spezies der artenreichen Gattung *Acacia* als Stammpflanzen von in den europäischen Handel eintretenden Arten des sogenannten arabischen Gummi erkannt. Nähere Angaben über die Spezies der Gattung *Acacia*, die in den verschiedenen tropischen und subtropischen Ländern des alten Kontinents sogenanntes arabisches Gummi liefern, folgen unten bei Besprechung der einzelnen Arten von Akaziengummi.

Form und Größe der Stücke, Farbe, Geschmack, Löslichkeit ist bei den verschiedenen Arten und Sorten des Akaziengummi je nach der botanischen Provenienz und wohl auch nach den klimatischen Verhältnissen, unter denen ihre Bildung erfolgt, verschieden und von der Menge des darin enthaltenen Arabins und von der chemischen Zusammensetzung des Produktes überhaupt abhängig. Auf diese Besonderheiten wird bei Betrachtung der einzelnen Arten und Sorten hingewiesen, hier sollen nur die gemeinschaftlichen Züge im Charakter der verschiedenen Arten des Akaziengummi vorgeführt werden.

Die Form der Stücke ist wenig charakteristisch, desgleichen die Oberflächenbeschaffenheit. Der Bruch ist muschlig, das Aussehen der frisch aufgebrochenen Stücke glasartig, ebenso der Glanz. Im Mikroskop gesehen erscheint die Substanz vollkommen homogen, nur mehr oder weniger stark von lufterfüllten Klüften durchsetzt. Die muschlige Bruchfläche ist, unter dem Mikroskop betrachtet, von radialen Rißlinien durchsetzt. Die Härte gleicht der des Muskovits. Infolge von Spannungsunterschieden erscheint das Akaziengummi im Polarisationsmikroskop doppelt lichtbrechend. Die Dichte liegt zwischen 1,3—1,6. Lösungen gleicher Konzentration haben annähernd die gleiche Dichte. Die wässrigen Lösungen sind nach Entfernung des etwa vorhandenen Zuckers entweder rechts- oder linksdrehend, bei den besten Sorten linksdrehend. Die guten Sorten lösen sich vollständig in Wasser, in kaltem ebenso reichlich wie in heißem, und zwar etwa im gleichen Gewicht Wasser. Geringe Sorten hinterlassen nach Behandlung mit Wasser einen quellbaren Rückstand, der wahrscheinlich der Hauptsache nach aus Zerasin besteht. Die wässrigen Lösungen haben stets eine schwach saure Reaktion.

Die Akaziengummi sind durch große Hygroskopizität ausgezeichnet.

Die Lösungen aller Akaziengummiarten, wie der Gummiarten überhaupt, wirken diastatisch, genauer gesagt amylolytisch, sie lösen nämlich Stärkekleister auf [Wiesner[123])]. Da die Enzyme, darunter auch die diastatischen Fermente, stark schäumende Lösungen geben, so wird es verständlich, daß auch die Lösungen des Akaziengummi stark schäumen. Kocht man die Lösungen des Akaziengummi so lange, bis sie nicht mehr diastatisch wirken (und dann auch Guajaktinktur nicht mehr bläuen), so bleibt das starke Schäumen der Lösung beim Schütteln aus.

In schwachem Weingeist löst sich das Akaziengummi in geringer Menge auf. In einem mehr als 52%igen Alkohol ist es gänzlich unlöslich. In Glyzerin löst es sich nur wenig, aber die wässrigen Lösungen mischen sich klar mit Glyzerin. In Chloralhydrat löst sich arabisches Gummi vollständig auf [Mauch[72])].

Das Akaziengummi enthält 12—17 % Wasser, 0—0,36—1 % Dextrose, Spuren von Harz und Farbstoff. Die Aschenmenge beträgt etwa 3 %. Die Asche besteht vorwiegend aus Kalzium- und Kaliumkarbonat.

Das Akaziengummi tritt freiwillig aus und ist in der Regel ein bloßes Sammelprodukt. In einigen Gewinnungsgebieten, z. B. im Somalilande, werden die Gummibäume behufs reichlicheren Ertrages an Gummi angeschnitten [Miles[76]); vgl. auch unter Somaligummi], eine bei rationellem Betriebe sich immer mehr und mehr einbürgernde Methode.

a) Arabisches Gummi (Nilgummi).

Unter arabischem Gummi versteht man seit langer Zeit solche Arten von Akaziengummi, die aus dem Nordosten Afrikas, vornehmlich aus dem Nilgebiet, in den Handel gesetzt werden. In neuester Zeit kommen aus dem Innern Arabiens über Aden und Makalla Gummisorten in den Handel, die mit dem sog. arabischen Gummi übereinstimmen. [Handelsberichte des Deutschen Handelsarchivs. 1888. Über Gummi, welches in Arabien gesammelt wird, s. auch E. Glaser[34]) und Maben[69]).]

Hier ist nur vom nordostafrikanischen, bzw. wahren arabischen Gummi die Rede. Der Ausdruck »arabisches Gummi« wird aber gewöhnlich für alle in Wasser löslichen Gummiarten in Anwendung gebracht, also in erster Linie für die guten Akaziengummen der verschiedensten Provenienz. Wiesner bezeichnet das »arabische Gummi im engeren Sinne«, worunter das hier abgehandelte Gummi zu verstehen ist, zum Unterschied von Senegalgummi als Nilgummi, durch welchen Ausdruck die geographische Provenienz wohl nur angenähert, aber doch richtiger bezeichnet wird als durch das gebräuchliche Wort.

Das Nilgummi ist allerdings zum Teil noch ein bloßes Sammelprodukt freiwillig austretenden Gummis. Aber in allen Gebieten, in denen die Produktion von größerer Wichtigkeit geworden ist, schneidet man die Bäume nach Beendigung der Regenperiode an, wodurch nicht nur die Ausbeute steigt, sondern auch das Gummi besser gerät, besonders eine hellere Farbe erhält. Man hat es in einigen Gegenden zweckmäßig gefunden, die Bäume nicht durch bloße Einschnitte zu verletzen, sondern breite Rindenstreifen herauszuschneiden. Bei sonnigem Wetter ist das austretende Gummi schon nach einem Monat reif; bei feuchter Witterung tritt die »Reife« erst nach 50—60 Tagen ein.

Die besten Sorten des Nilgummi stammen nach übereinstimmenden neueren Berichten von *Acacia senegal*. Doch liefern auch andere Spezies von *Acacia* gute Sorten, so die im Somalilande häufigen Arten: *A. abyssinica* und *A. glaucophylla* [Hildebrand[49]), Taubert[109])] und in den Nilländern die *A. giraffae*. Beide Spezies kommen auch in Abessinien vor, werden aber dort auf Gummi nicht ausgebeutet [Gilg in Sadebeck[33])]. Hingegen geben nach Schweinfurth[98]) die Bäume »Talch« (*A. stenocarpa*), »Ssofar« (*A. fistula*) und »Szant« oder »Sont« (*A. nilotica*) meist nur bräunliche oder rötliche Sorten. Rote und braune, deshalb geringe Sorten stammen auch von *A. Ehrenbergiana* und *A. seyal* [Taubert[109])]. Der auch in Kordofan vorkommende Salgambaum (*Acacia reficiens*) soll ein gutes, brauchbares Gummi liefern [Rein[88])].

Von allen Sorten des arabischen Gummi, welche Wiesner untersucht hat, fand er das von *A. fistula* abstammende am geringwertigsten. Es ist lichtrotbräunlich bis rötlichbraunschwarz, wenig durchsichtig, häufig nur durchscheinend, manchmal fast undurchsichtig, nicht so spröde wie gewöhnliches arabisches Gummi, vielmehr schwer zu pulvern und enthält oft mehr als 10 % quellbares, aber in Wasser unlösliches Gummi. Nach den Angaben von Schweinfurth[99]) scheint *Acacia fistula* auch Gummi besserer Qualität zu liefern, als das von Wiesner[125]) beschriebene. Der genannte Forscher bezeichnet dieses Gummi nämlich als eine Sorte von mittlerer Qualität, die aber deshalb Beachtung verdiene, weil sie in ungemein großen Massen zu gewinnen wäre. Im Lande Schilluk (10° n. Br.) kommt nämlich neben einigen anderen *Acacia*-Arten *Acacia fistula* so massenhaft und mit so großer Gummiproduktion vor, daß ein einzelner Mensch zur Winterszeit leicht am Tage eine Gummiernte von einem Zentner einheimsen könnte. Dieser Baum liefert nach Schweinfurth einen Teil des auf den Märkten bekannten Gummi von Gedaref, welches oft in faustgroßen Stücken angetroffen wird, aber selten hell gefärbt erscheint und meist ins Bernsteinbraune spielt.

Die wichtigsten Sorten des arabischen Gummi sind: Kordofangummi, Sennaargummi, Suakingummi, Geddahgummi und Somaligummi. In jenen Teilen des ägyptischen Sudan, die die Gummidistrikte von Kordofan und Sennaar umfassen, wird das beste arabische Gummi geerntet. Hier wird ausschließlich der Haschabbaum

(*Acacia senegal*) kultiviert und durch rationellen Anschnitt des häufig in Gärten gezogenen Gewächses wird eine reiche Ernte von besonders gutem Gummi erzielt. Im Sudan unterscheidet man zwischen Hashab geneina und Hashab wady. Unter ersterem versteht man den kultivierten und rationell angeschnittenen, unter letzterem den wild wachsenden gummiliefernden Baum, der nur das freiwillig austretende Gummi als Sammelprodukt liefert [Beam[6])].

Das Kordofangummi gilt mit Recht als die beste Sorte des arabischen Gummi. Es bildet rundliche Körner, welche einen Längendurchmesser von 2 cm, seltener darüber, erreichen. Die Stücke sind meist blaßweingelb, seltener fast farblos und wasserklar. Auch gibt es geringere Sorten, die lebhafter gelblich bis braunrötlich gefärbt sind. Selbst die großen Körner sind bis ins Innere hinein rissig. Dadurch unterscheidet sich das beste arabische von dem später zu betrachtenden besten Senegalgummi. In der Peripherie der Körner treten die Risse allerdings reichlicher auf als im Innern. Aber beim Senegalgummi erscheint an jedem Korn eine äußerst rissige Rinde, welche einen dichten risselosen Kern umgibt. Das Kordofangummi ist linksdrehend und liefert 24 % Schleimsäure. Es wird vornehmlich im Bezirke Bara gewonnen und kommt von Kordofan über Dongola, Mandjura (am Weißen Nil) und Chartum nach Alexandrien und schließlich nach Triest. Wie die Sortierung des Rohgummi und der Handel mit arabischem Gummi bis zum Jahre 1900 in Triest betrieben wurde, ist in der 2. Aufl. dieses Werkes geschildert worden. Seit dem Jahr 1900 ist ein Rückgang im Gummihandel Triests eingetreten. Während früher auf die helle Farbe und Großkörnigkeit der Ware hohes Gewicht gelegt wurde, haben diese Eigenschaften für die Konsumenten jetzt nur einen geringen Wert, so daß die früher in Triest mit wahrer Virtuosität betriebene Sortierung der Rohware ihre Bedeutung eingebüßt hat und die ehemals durch Auslesen entstandenen schönen Sorten des arabischen Gummi nicht mehr gesucht werden. Die ehemals reichlichen ägyptischen Zufuhren von Gummi nach Triest haben sich stark verringert, indem von Ägypten sehr primitiv gereinigtes Gummi direkt nach den europäischen Verbrauchsländern exportiert wird.

Sennaargummi steht an Güte dem Kordofan am nächsten und besteht aus kleinen Körnern von meist blaßgelblicher Färbung. — Das Suakingummi, vornehmlich auf der Hochebene von Takka von wild wachsenden Bäumen (Hashab wady) gesammelt, wird von dem wichtigen Hafen- und Handelsplatze Suakin am Roten Meer aus verschifft. Es bildet eine gelbgefärbte Sorte, die mehr oder weniger mit dunkelrotbraunen Körnern untermischt ist. Nicht selten ist es kleinkörnig und staubig. Das Suakingummi liefert 21,5% Schleimsäure und dreht die Polarisationsebene nach rechts. — Unter den mittleren Sorten des arabischen Gummi steht das Geddahgummi obenan. Wenn dessen Körner auch niemals die helle Farbe der früher genannten Sorten erreichen, so ist es doch wegen größerer Klebkraft und anderer Eigenschaften sehr verwendbar und für die Appretur von Geweben sehr gesucht. Seine lange gekannten spezifischen Eigenschaften finden nunmehr ihre Erklärung in der Tatsache, daß es im chemischen Verhalten von den übrigen Sorten des arabischen Gummi abweicht. Die Rohware (Sammelprodukt) enthält allerdings auch trübe, blasige, mit Rindenstücken durchsetzte Körner; aber die ausgelesene Ware erscheint gleichartig und besteht aus honiggelben bis bräunlichen Körnern. Das Geddahgummi ist zumeist afrikanischen Ursprunges, wird aber von dem arabischen Hafen Geddah (Dschiddah) verschifft. — Auch Somaligummi gelangt über Aden als arabisches Gummi in den Handel. Im Somalilande, wo die verschiedensten Gummi und Gummiharze gekaut werden, unterscheiden die Bewohner nur süßes und bitteres Gummi; zu dem ersteren zählen arabisches Gummi und Weihrauch (»luban«), zu dem letzteren Myrrhe und andere Gummiharze [S. B. Miles[76]). Daselbst auch mehrfache Angaben über Gummi, leider ohne Anführung der botanischen Namen der Stammpflanzen]. Den Markt für das Somaligummi bildet der Hauptort der britischen Somalikünste, Berbera, von wo das Gummi über

Aden nach Indien gebracht wird und von da zum Teil nach Europa kommt. Nach Stohmann (Muspratt, 4. Aufl., Bd. III, 1891, S. 1908) kommt dieses Gummi unter dem Namen »Sumgh«, in Ziegenfelle verpackt, nach Berbera. Wiesner hat aus dem Somalilande stammendes Gummi (Sammelprodukt) untersucht. Es zeichnet sich durch eine

Abb. 14.
Unregelmäßige Rißbildung an der Oberfläche von im Wasser unvollkommen löslichem, zähem Akaziengummi. Vergrößerung 1½mal.

Abb. 15.
Bruchfläche eines Gummistückes einer Sorte von Somaligummi mit strahligem Gefüge. Vergrößerung 2mal. (Aus der Sammlung des bot. Museums in Berlin.)

außerordentliche Ungleichmäßigkeit aus, offenbar, weil es von verschiedenen Spezies von *Acacia* abstammt. Es kommen in diesen Gummisorten helle, glasigbrechende Körner vor, darunter Stücke mit radialer Anordnung der bis ins Zentrum der Körner reichenden Risse (Abb. 15), wieder andere mit dunkler Färbung und geringer Durchsichtigkeit, die ihren Reichtum an unlöslichen Anteilen schon durch die geringe, auf die Oberfläche beschränkte Rissigkeit und das Auftreten klaffender Risse verraten (Abb. 14). Das Somaligummi ist die nachweislich älteste in Verwendung stehende Gummiart (s. unten: Geschichtliches über arab. Gummi) und wird auch gegenwärtig in großen Quantitäten gesammelt. Die Gummigewinnung wird im Somalilande durch Anschnitt unterstützt und es soll unterhalb der Schnittwunde eine Bastbinde angelegt werden, an welcher sich die Hauptmasse des Gummi ansammelt, während ein Teil auf den Boden fließt und die geringste Sorte des Gummi bildet. Anschnitt der Bäume und Anlegen der Bastbinden werden anfangs März vorgenommen. Einen Monat später beginnt die Ernte, die bis zum September andauert. Dann wird das Sammelprodukt durch die Eingeborenen sortiert (die Somali nennen diese Prozedur »safi«, soviel als Auslese) [Paulitschke[83])]. So entstehen Sorten des Somaligummi von sehr verschiedener Güte. Gute Sorten sind »Wordi« (feinkörnig) und »Adad« (grobkörnig), gering, nämlich trüber und dunkler gefärbt, die Sorte »Djerjun«, schlecht, nämlich dunkel und sehr wenig durchsichtig bis undurchsichtig, reich an unlöslichem Gummi die Sorte »Lerler« [Haggenmacher[43])]. Die Gummimenge, welche im Somalilande jährlich geerntet wird, schätzt man auf 2000—3000 Tonnen [Paulitschke[83])]. Dort ist Gummi ein Nahrungsmittel; es bildet für die Somali bei langen Tagmärschen, wie bestimmt angegeben wird, die einzige Nahrung [Paulitschke[83])].

Auch in der italienischen Kolonie Erythräa wird Akaziengummi gesammelt. Es rührt nach Schweinfurth[100]) von *Acacia senegal* und *A. seyal* her, scheint aber noch nicht Gegenstand des Handels zu bilden. Abessinien ist wohl reich an *Acacia*-Arten, welche gutes arabisches Gummi liefern; aber die Gummigewinnung wurde dort arg vernachlässigt. Durch geeignete Maßnahmen ließen sich bedeutende Erfolge erzielen.

b) Senegalgummi.

Schon seit langer Zeit hat das aus dem Senegalgebiete nach Europa gelangende Gummi für den französischen Handel Bedeutung. Aus schon angeführten Gründen konkurriert es nunmehr auch außerhalb Frankreichs mit dem Nilgummi und ist für den europäischen Handel von großer Wichtigkeit geworden. Viel von dem als »arabisches Gummi« verkauften Produkt

ist tatsächlich Senegalgummi. A. Vogl[116]) gibt an, daß zur Zeit des Krieges in Massauah kein Kordofan- und Sennaargummi nach Europa gelangte, und was den Apothekern als Gummi Acaciae zugeführt wurde, nur Senegalgummi war. S. auch Maben[69]). Nach Gehes Handelsbericht (Dresden, April 1899, S. 30) war damals schon Senegalgummi im deutschen Handel so gut eingeführt, daß es kaum möglich erschien, Kordofangummi werde wieder seinen alten Platz behaupten können, eine Voraussage, die sich aber nicht erfüllt hat.

Das Senegalgummi wird von *Acacia senegal* abgeleitet. Für die guten Sorten dieses Gummi ist diese Ableitung als sicher zu betrachten. Dagegen wird bezüglich der geringeren Sorten vielfach angegeben, daß diese von anderen *Acacia*-Arten herrühren. Es würde sich, falls diese Angaben richtig sein sollten, hinsichtlich der Abstammung des Senegalgummi dieselbe Tatsache ergeben, die wir bei der Herleitung des Nilgummi kennengelernt haben; es würden alle guten Sorten dieser beiden Hauptarten des Akaziengummi von demselben Baume (*Acacia senegal*) abstammen, dagegen die geringeren, sowohl im Senegal- als im Nilgebiet, von verschiedenen *Acacia*-Arten herrühren. Als Stammpflanzen der geringeren Sorten des Senegalgummi werden genannt: *A. neboued, A. vera* und *A. albida* [Taubert[110])]. Nach Cotton[15]) stammt nur das Gummi vom Unterlauf des Senegal *A. senegal,* während das Galamgummi anderer Herkunft sein soll. Der Autor sagt, die einen leiten dieses Gummi von *A. vera,* die anderen von *A. albida* ab. Er spricht aber auch noch davon, daß andere (nicht näher genannte) *Acacia*-Arten geringe Sorten von Senegalgummi liefern.

Acacia senegal ist der wichtigste Gummibaum. Er liefert, wie wir gesehen haben, nicht nur das Senegalgummi oder dessen gute Sorten, sondern auch die besten Sorten des nordafrikanischen Gummi. Da dieser Baum häufig neben anderen *Acacia*-Arten vorkommt, so ist es wichtig, ihn von anderen Spezies dieser Gattung zu unterscheiden. Während fast alle anderen Akazien schöne gelbe, kugelige Blütenköpfchen besitzen, hat der Verek (*Acac. senegal*-Haschab) blaßgelbliche, fast weiße Blüten, die bis 8 cm lange, das Laub weit überragende Ähren bilden. Der Baum ist also, zumal zur Blütezeit, leicht kenntlich und bei flüchtiger Betrachtung nur mit *Acacia glaucophylla* zu verwechseln. In der Regenzeit ist der Verek sehr reich an Saft; in der hierauf folgenden trocknen Periode wird die Rinde, namentlich unter dem Einfluß der herrschenden trocknen Winde, wasserärmer, fast trocken, wodurch sie vielfach einreißt, was den Gummiausfluß ermöglicht und beim Auftreten von größeren Rißwunden auch sehr begünstigt. Zur Blütezeit (Januar bis März) wird der Gummiausfluß reichlich und erreicht zu Ende dieser Periode und 1—2 Wochen später sein Maximum. Hierauf erst beginnt die Belaubung. Der Baum ist zwischen dem 8. und 40. Lebensjahre ertragsfähig.

In den Senegalländern ist es nicht üblich, die Bäume behufs Gummigewinnung anzuschneiden, sondern man sammelt nur das Gummi, welches von selbst aus den Bäumen ausfließt [Dürkop[22])]. Da hinsichtlich des Nilgummi die Erfahrung längst gelehrt hat, daß nach künstlichem Anschnitt der Bäume das Gummi nicht nur reichlicher ausfließt, sondern auch die Qualität besser ist, das Produkt sich namentlich durch helle Farbe auszeichnet, so lag es nahe, zu empfehlen, auch dort das Anschneiden der Bäume vorzunehmen [Tschirch[114])].

Das leicht mit der Hand erreichbare Gummi wird von den Stämmen und Ästen abgebrochen, sonst bedient man sich mit scheren- und löffelartigen Werkzeugen versehener Stangen. Das Aufsammeln des Gummi erfolgt durch die Kriegsgefangenen der Wanderstämme, die die Gummibezirke beherrschen. Die gummisammelnden Stämme bringen ihre Ware an im Einverständnis mit den Franzosen gewählte Stellen am Strome (escales), wo das Gummi gegen Baumwollenzeuge, Korallen- und Bernsteinschmuck, Waffen, Pulver usw. eingetauscht wird. Eine sehr eingehende und anziehende Schilderung der Einsammlung des Senegalgummi gibt Flückiger[30]) und auch Cotton[15]). Hier findet sich auch die mit der obigen Darstellung nicht im Einklang stehende Angabe, daß zwei Perioden der Einsammlung eingeführt sind: die »*grande traite*« von

April bis Ende Juni, und die »*petite traite*« von Dezember bis Februar. In der ersten Periode wird nicht nur die größte Menge von Gummi gesammelt, es wird hierbei auch das schönste und reinste Produkt erhalten. Bei der kleinen Ernte wird nicht nur bedeutend weniger, sondern auch ein vielfach mit Erd- und Staubteilchen verunreinigtes Gummi gewonnen.

Das Senegalgummi kommt, namentlich im französischen Handel, in sehr zahlreichen Sorten vor. Zunächst sind die unmittelbaren Sammelprodukte zu unterscheiden: 1. Das Gummi vom Unterlauf des Senegal (*gomme du bas du fleuve*). Es bildet große, rundliche, oder dicke, wurmförmige Stücke, die in der Farbe verschieden (lichtweingelb bis bräunlich) oder nahezu farblos sind. 2. Gummi vom Oberlauf des Senegal (*gomme du haute du fleuve* = *gomme de Galam*). Unter »gomme de Galam« findet man in der Regel das oben genannte Sammelprodukt verzeichnet, welches aus Galam (Kadschaga) und den Nachbargebieten vom Oberlauf des Senegal kommt. Das Wort »Galamgummi« scheint aber auch als Ausdruck für die geringen und schlechten Sorten des Senegalgummi zu gelten [Cotton[15])]. Dieses Gummi besteht aus kleineren Körnern, ist reich an wurm- und astförmigen Stücken. Es wird angegeben, daß das Galamgummi spröder und in Wasser etwas leichter löslich und im allgemeinen reicher an farblosen Stücken sei. Das erstere dieser Sammelprodukte kommt aus dem Distrikte Podor am unteren Senegal, das letztere aus den Fouhlah-Landdistrikten Guidimaka und Bambouk. Das erstgenannte Sammelprodukt wird als das bessere angesehen. Aus ihm gehen auch die schönsten Sorten (»electissimum«) hervor. Doch ist jedes der beiden Sammelprodukte je nach der Einsammlungszeit von sehr verschiedenem Reinheitsgrad. Die mehr kleinkörnigen, aber weißesten Sorten (»albissimum«) scheinen hauptsächlich aus Galamgummi ausgelesen zu werden. Es wird noch ein drittes Sammelprodukt unterschieden: *Gomme friable* (auch Salabreda oder Sadra beida), das sich aus zahlreichen kleinen Körnern und dünnen wurmförmigen Stücken zusammensetzt, welche relativ sehr spröde sind. Die wurmförmigen Stücke sind wenig gefärbt oder farblos, die Körner aber verschieden in der Farbe. Im deutschen Großhandel (s. Gehe, Handelsberichte, Dresden) kennt man außer den ausgelesenen Sorten, von Senegalgummi nur »haut du fleuve« und »Galam«. Ersteres ist die bessere Sorte, welche auch höher im Preise steht.

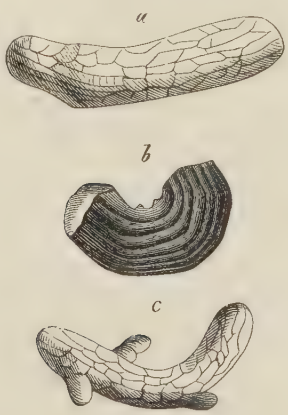


Abb. 16.
Senegalgummi. *a*, *b* wurmförmige Stücke. *c* astförmiges Stück. Natürliche Größe.

Die Hauptmasse bildet *bas du fleuve*, hierauf folgt *Galam*, zuletzt *Salabreda*. Im Jahre 1896 wurden ausgeführt:

bas du fleuve . .	220 239	Säcke,
Galam	44 481	»
Salabreda . . .	1 146	»

[Wördehoff u. Schnabel[127])].

Die Gesamtausfuhr von Senegalgummi betrug 1908 11 t 798 kg, 1909 174 t 139 kg. [Meniaud. Haut-Senegal-Niger, 1912.]

Diese Rohstoffe kommen zunächst in die Häfen St. Louis und Rufisque, in geringer Menge auch nach Frère Town, und von da in den europäischen Handel, werden aber vorher einer Sortierung durch Auslese und Siebung unterworfen. Dies geschieht in großartigem Maßstab durch die Société des Importateurs-Trieurs in Senegal selbst, besonders aber in Bordeaux. Schon in den 70er Jahren brachte die Farma über 3 Millionen Kilogramm Gummi auf den Markt, welche Menge sich bis auf etwa 8 Millionen Kilogramm gesteigert hat, zeitweilige Rückfälle abgerechnet, die ihren Grund in Mißernten haben (April 1899). [Siehe hierüber Gehes Handels-

berichte. Dresden, April 1899.] Nach anderen Berichten bewegte sich innerhalb der Jahre 1900—1910 die Exportziffer des Senegalgummi zwischen 2—4 Millionen Kilogramm und es wird im Vergleich zum arabischen Gummi ein Rückgang der Produktion angegeben.

Durch diese Sortierung entstehen folgende Handelsprodukte: *Gomme blanche.* Dieses Gummi besteht aus fast farblosen oder nur wenig gefärbten Stücken, welche sich dem Aussehen nach den besten Sorten des arabischen Gummi gleichstellen lassen. Die einzelnen Stücke, von kugeliger, halbkugeliger oder elliptischer Ge-

Abb. 17.
Ein Stück Senegalgummi, quer gebrochen. *a* Bruchfläche, glänzend, homogen. *b* rissige, das ganze Stück umkleidende Hülle. Natürliche Größe.

stalt, haben einen Durchmesser von 1—4, meist von etwa 2 cm. Seltener erscheinen darin stark verlängerte, schwach wurmförmig gekrümmte Stücke. Die Oberfläche ist mit netzförmig angeordneten Rißlinien durchsetzt, zwischen den man mit der Lupe eine zarte Parallelstreifung erkennt. Die rissige Oberfläche unterscheidet sich in der Regel scharf von der dichten, homogenen und auf frischem Bruch glänzenden Innenmasse der Körner (Abb. 17). Die genannten Eigentümlichkeiten machen es möglich, diese Sorte von den besten Sorten des Nilgummi zu unterscheiden.

Als Untersorte dieses Produktes ist das *gomme petite blanche* anzusehen, das bis auf die Größe — die Stücke halten bloß 0,5—1,5 cm im Durchmesser — in allen Eigentümlichkeiten mit der beschriebenen Sorte übereinstimmt.

Gomme blonde. Die Farbe der Körner ist weingelb, mit einem Stich ins Rötliche. Die Stücke gleichen in der Größe den Stücken der Sorte *g. blanche,* manchmal sind sie sogar noch größer. Die Oberfläche ist fast stets warzig, mit der Lupe gesehen fein runzlig und gestreift. Sprunglinien sind nur spärlich zu finden.

Gomme petite blonde ist eine Untersorte, deren Körner sich von der genannten Sorte nur durch die Größe unterscheiden. Der Durchmesser der Stücke beträgt nur 0,5—1,5 cm.

Gomme vermicellée besteht aus

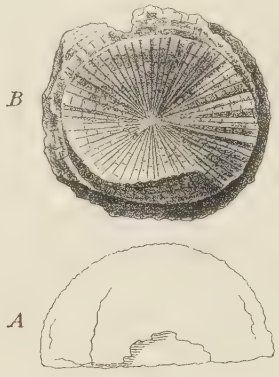


Abb. 18.
Senegalgummi. *A* Umriß eines halbkugelförmigen Stückes. *B* dasselbe, um die radial und tangential orientierten Sprunglinien auf der Oberfläche der flachen Seite des Stückes zu zeigen. Vergr. 1½mal.

ast- und wurmförmigen Stücken von weißlicher oder blaßgelblicher Farbe (Abb. 16).

Diesen drei schönsten und besten Sorten des Senegalgummi reihen sich folgende an:

Gomme fabrique stimmt nahe mit der Sorte *gomme blonde* überein, nur sind die Stücke dunkler und ungleicher in Form und Größe.

Gomme boules setzt sich aus großen kugeligen Stücken von Orangengröße zusammen, welche in der Farbe zwischen *gomme blanche* und *gomme blonde* stehen, und wohl künstlich geformt sein dürften.

Die mit dem Namen *Galam en sorte* bezeichnete Ware besteht aus ungleich großen und ungleich gefärbten Stücken, welche mit wurmförmigen Körnern und Rindenstücken durchsetzt sind und der Sorte *blonde* im übrigen ziemlich nahe kommen.

Hieran reihen sich die Sorten: *Gomme*

du bas du fleuve en sorte und *Salabreda en sorte.* Erstere Sorte setzt sich hauptsächlich aus dick-wurmförmigen, äußerlich gestreiften oder gerunzelten Stücken von weingelber Farbe zusammen, welche meist 1—3 cm lang, 0,5—0,8 cm dick und oft mit papierdünnen, braunen Rindenstückchen bedeckt sind. Die Sorte *Salabreda* ist die ungleichförmigste von allen. Sie besteht aus dünnen, ast- und wurmförmigen Körnern von weißer bis topasgelber Farbe, welche reichlich mit höchst verschieden (weiß, gelb, orangerot, rot in der Farbe des Kaliumbichromats, bis braunschwarz) gefärbten Bruchstücken und kleinen Rindenstückchen gemengt sind. Die große Ungleichförmigkeit dieser Sorte läßt wohl annehmen, daß man es bei ihr mit einem von verschiedenen Bäumen herrührenden Sammelprodukt zu tun habe. In dem Catal. des Col. fr. usw., p. 76, wird dieses Gummi als »gomme friable de *Acacia albida*« angeführt.

Baquaques et marons. Mit diesem Namen hat man die geringste Sorte des Senegalgummi belegt. Sie ist so stark mit Rinde und anderen Verunreinigungen gemengt, daß die Menge der gummiartigen Substanzen im Mittel nur 73% beträgt. Die Körner sind in Form und Farbe (braunrot, braunschwarz, zinnoberrot, selten grünlich) sehr verschieden. Diese Sorte hat einen süßlichen karamelartigen Geschmack. Die Auflösung klebt relativ schwach. Diese Sorte wird auch »marrons rôtis« genannt und scheint ein aus Gummistaub und Sägemehl durch Einwirkung von Wasser und erhöhter Temperatur hergestelltes Kunstprodukt zu sein [Wiesner[123])].

Alle aufgezählten Sorten bestehen aus großkörnigen Stücken. Die Bruchware wird durch weitere Siebung in folgende Sorten geschieden:

Gomme gros grabeaux. Die Körner haben einen mittleren Durchmesser von etwa 8 mm. Die wurmförmigen Stücke sind etwas länger.

Gomme moyens grabeaux. Körner gewöhnlich 5 mm im Durchmesser. Wurmförmige Stücke meist länger.

Gomme menus grabeaux. Körner 2—3 mm im Durchmesser. Wurmförmige Stücke fehlen.

Gomme poussière grabeaux. Homogener Gummistaub, dessen Körnchen gewöhnlich weniger als 1 mm messen.

Im deutschen und österreichischen Handel erscheint das Senegalgummi unsortiert (»naturell«) als »haut du fleuve« und »Galam« oder nach Größe und Schönheit oder nach der Farbe sortiert als electissimum, electum usw., und albissimum, album, oder auch als »blanche« und »rouge«.

Die Versendung des Senegalgummi erfolgte früher meist in Tierhäuten, jetzt vornehmlich in Jutesäcken. Jeder Sack hat ein Gewicht von 80—90 kg.

Der Handel mit Senegalgummi ist nicht so alt als der mit Nilgummi. Vom 17. Jahrhundert an gewann er für Frankreich Bedeutung und nunmehr ist er für Europa von Wichtigkeit geworden. Der Aufschwung dieser Ware beginnt mit der rationellen Sortierung (»triage«), denn erst mit der Herstellung von bestimmten, durch Auslese gewonnenen Sorten ist dieses Gummi gegenüber den guten und besten Sorten des Nilgummi (Kordofan, Sennaar) konkurrenzfähig geworden. Der für Frankreich so wichtig gewordene Industriezweig der »triage« wurde im Jahre 1832 von Adrien Doris père ins Leben gerufen.

Bei Verfälschungen des Gummi mit solchen Arten, die in kaltem Wasser unlöslich sind, treten in den alten Gummidrucken unreine Weißen auf. Am teuersten ist der Gummi, welcher durch längeres Verweilen am Baumstamm eine trübe Rinde bekommen hat. Für den Gummidruck ist aber die glasige Sorte besser, die frühzeitig vom Baum entfernt wurde, weil dadurch das Auftreten zahlloser Luftbläschen beim Aufstrich vermieden wird [Croeber[16])].

c) Deutsch-afrikanische Gummiarten.

Seit der deutschen Kolonisation im tropischen und subtropischen Gebiete Afrikas (Deutsch-Ostafrika zwischen 1°—11° 44′ südl. Br. und Deutsch-Südwestafrika zwischen 17° 20′—29° südl. Br.) wurden bedeutende Anstrengungen gemacht, das in den genannten Ländern zum Teil massenhaft auftretende Gummi dem Handel, insbesondere dem deutschen, und der deutschen Industrie dienstbar zu machen. Hauptsächlich war es Deutsch-Südwestafrika, nämlich Angra Pequena und das

Namaland (Groß-Namaqualand; auch im englischen Klein-Namaqualand wird Gummi für den europäischen Handel gesammelt), wo man die natürliche Gummiproduktion rationell zu verwerten bestrebt war, und sogar daran ging, was bisher in keinem der gummiproduzierenden Länder geschah, Gummiplantagen anzulegen [Taubert[109]), [110]), C. Hartwich[46]), O. Warburg[118]), Gessert[32]), Thoms[111]), K. Dietrich[19])].

Siedler[103]) gibt an, daß die deutsch-südwestafrikanischen Gummisorten hinsichtlich ihrer Qualität sehr verschieden waren. Gut wasserlöslich waren nur Proben von *Acacia horrida* und *A. Kirkii*. Die anderen zeigten lediglich geringe Mengen löslicher Bestandteile.

Auch im ehem. Deutsch-Ostafrika, insbesondere in den Steppengebieten, kommen reichlich schon länger bekannte gummiliefernde Akazien vor, z. B. *A. spirocarpa, stenocarpa* und *seyal*, aber auch neu aufgefundene Spezies, z. B. *A. Kirkii*. Wie weiter unten auseinandergesetzt werden soll, liefert gerade dieser Baum ein sehr brauchbares Gummi. Von großer Bedeutung schien das Produkt zu sein, welches Deutsch-Adamaua lieferte. Im Jahre 1908 betrug die dortige Gummiproduktion 265 735 kg, im Jahre 1909 279 110 kg. Das Gummi von Deutsch-Adamaua stammte von *Acacia senegal* und *A. xanthophloea* und war verschiedener Qualität. Die beste neuere Sorte (»Falli«) bildete ein gutes »arabisches Gummi«. Minder gut waren die gelb oder rot gefärbten Sorten (»Marua«). Am geringsten war die Sorte »Mumuye«, die braune bis schwarze Klumpen bildet; als »Mumuye« jedoch wurden auch andere geringe Gummiarten bezeichnet (z. B. von *Combretum*). Die gummiliefernden Bäume wurden plantagenmäßig gehalten. Es wurden zwecks Gewinnung des Gummi 60—100 cm lange und 5—8 cm breite Rindenstreifen abgelöst. Einschnitte in das Holz werden vermieden. Die ungepflegten wilden Bestände wurden kaum mehr ausgebeutet. [Dalziel[18]), E. Fickendey[28])].

Mehr als die Verschiedenheit im Aussehen sprechen die entgegengesetzten Urteile über die Löslichkeitsverhältnisse, überhaupt über den Gebrauchswert der früher aus Deutsch-Afrika nach Deutschland gebrachten Gummiarten für die Abstammung dieser Produkte von verschiedenen *Acacia*-Arten. Es wird angegeben, daß alle *Acacia*-Arten der genannten Gebiete Gebrauchsgummi liefern könnten (Taubert), aber es scheinen im Südwesten doch außer den schon genannten Spezies nur *Acacia horrida*, der Dornbaum, *A. giraffae, A. erioloba* und *albida* das in den Handel gebrachte Sammelprodukt zu liefern. Nach Warburg und Gessert liefert *A. horrida* ein gutes Gummi. Dieser Baum wurde auch von Gessert für die Gummiplantagen im Namaland empfohlen. *A. giraffae* (nach Schinz ist *Acacia erioloba* = *A. giraffae*) scheint nur geringes oder sogar unbrauchbares Gummi zu liefern. Wie Warburg schon vor einer Reihe von Jahren hervorhob, wäre eine Aufhellung der botanischen Provenienz der deutsch-afrikanischen Gummiarten höchst erwünscht und dürfte nach seiner Ansicht zu wichtigen Resultaten führen. Aus oben bereits mitgeteilten Daten ist zu entnehmen, daß in neuerer Zeit einiges zur Kenntnis der botanischen Herkunft des Gummi beigetragen wurde.

Die Angaben über die Qualitäten des Gummi gehen weit auseinander. Hartwich hielt es für sehr brauchbar, Wördehoff und Schnabel hielten es für unbrauchbar. Nach dem von der Deutschen Reichsdruckerei abgegebenen Gutachten ist es für ihre Zwecke nicht zu verwenden. Nach Hartwich ist das Gummi im Wasser vollkommen, nach Thoms nur teilweise löslich. Die Viskosität hat Hartwich größer als die des arabischen und Senegalgummi gefunden. Die Farbe dieser Gummiarten geht von wasserhell durch rötlich ins Braune.

Weniger die Farbe als die verschiedene Löslichkeit spricht für eine verschiedene Abstammung dieser Gummiarten. Das Hauptaugenmerk der Kolonisten müßte darauf gelenkt werden, das Gummi von den Baumarten zu gewinnen, die sich als die besten und zuverlässigsten Gummilieferanten erweisen. Es wird für die Zukunft dieser Kolonialware auch von Wichtigkeit sein, eine rationelle Sortierung des rohen Sammelproduktes vorzunehmen.

Was die Qualität des Gummi je nach

der botanischen Provenienz anlangt, so konnte Wiesner[125]) über das Gummi von wenigen *Acacia*-Spezies nach eigenen Beobachtungen urteilen. Seine Wahrnehmungen beziehen sich insbesondere auf das Gummi von *Acacia horrida* und *A. Kirkii* (s. auch oben über das Gummi von *Acacia usambarensis* und *verugera*). Die erstere wurde im ehem. Deutsch-Südwestafrika von Marloth gesammelt. Die zumeist rundlichen Stücke hatten häufig eine feinstreifige bis flachwarzige, selten eine glatte, erst bei mikroskopischer Betrachtung streifig oder netzartig aussehende natürliche Oberfläche. Alle Stücke waren im frischen Bruche glasartig durchsichtig, brachen muschlig und hatten eine blaß weingelbe bis topasgelbe Farbe. Der Strich war weiß, ebenso das pulverisierte Gummi. Es ließ sich leicht pulvern. Dieses Gummi löste sich bis auf Spuren von Verunreinigungen vollständig in Wasser auf, in kaltem fast im gleichen Maße wie in warmem und heißem. In allen wesentlichen Eigenschaften stimmt dieses Gummi mit den guten Sorten des arabischen und Senegalgummi überein. — Das Gummi von *Acacia Kirkii* wird als eine besonders gute Sorte von Akaziengummi betrachtet. Gewiß ist dieses Produkt mindestens den mittleren Qualitäten des arabischen Gummi an die Seite zu setzen. In der unsortierten Masse der einzelnen Stücke waren Originalproben dieses Gummi weiß (opak) oder nahezu farblos (durchsichtig), an anderen ging die Farbe von Topasgelb ins Lichtbräunliche. Es ist gänzlich in Wasser löslich, besteht der Hauptmasse nach aus Arabin und ist frei von Bassorin. In Chloralhydrat ist es vollkommen löslich. Wiesner hat in diesem und dem vorher besprochenen Gummi dieselbe Gummase (Gummiferment) aufgefunden, die er zuerst im arabischen Gummi nachwies. Durch Guajaktinktur ließ sich auch die Gegenwart einer Oxydase in diesen beiden Gummiarten nachweisen. Von mittleren Sorten des arabischen Gummi ist dieses Gummi in nichts zu unterscheiden und durch Auslese könnten ganz ausgezeichnete Sorten abgeschieden werden.

d) Ostindisches Gummi.

Neben anderen Gummiarten (s. besonders unten bei Feroniagummi) kommt auch Akaziengummi aus Indien in den europäischen Handel. Es sei vor allem bemerkt, daß ein großer Teil des nordostafrikanischen Gummi mit indischen Schiffen nach Europa gelangt und manchmal als indisches Gummi bezeichnet wird.

Es wird aber auch Akaziengummi in Indien selbst gesammelt und nach Europa versandt. So geben schon Waring[119]) und Prebble[85]) an, daß in Vorderindien von *Acacia arabica* und von *A. farnesiana* Gummi gesammelt wird. Nach Watt[121]) wird das Gummi von *Acacia farnesiana* in Sind gesammelt. Bezüglich des Gummi der letzteren sagt der Autor, daß es zu medizinischen Zwecken diene und zur Bereitung von Malerfarben geschätzter sei, als arabisches Gummi, was nach den Beobachtungen, die Wiesner[125]) an dem Gummi von *Acacia farnesiana* anzustellen Gelegenheit hatte, nicht wahrscheinlich ist. Nach Rideal[91]) sollen die aus Indien in den Handel gelangenden Gummiarten immer mehr und mehr an Bedeutung gewinnen. Außer den genannten Akazien sollen auch *Acacia catechu* und *ferruginea* Gummi liefern [Watt[121])]. Nach diesem Autor ist das in Indien als »Amrad« (= »Ghatti«) bezeichnete Gummi ein Gemenge verschiedener Akaziengummen. Als Ghatti oder Ghati wird auch das Gummi von *Anogeissus latifolia* bezeichnet [Dymock, Warden and Hooper[23])]. Im deutschen Handel erscheint ostindisches Gummi, aber nicht in großer Menge; es ist billig, aber von geringem Wert [Siedler[103])].

Wiesner[125]) hat verläßliches, von *Acacia catechu* und *A. farnesiana* stammendes Material zu untersuchen Gelegenheit gehabt. *A. farnesiana* stammt aus Westindien, wird aber jetzt in den warmen Ländern allenthalben kultiviert [Taubert[109])]. Das Gummi von *A. farnesiana* stammte aus Costarica, das von *A. catechu* wurde von Schweinfurth aus Faschoda mitgebracht. Das Gummi der ersteren bildet unregelmäßige, rundliche, warzige Körner, auch tropfenartig aussehende Massen. Die natürliche Oberfläche der ersteren ist häufig dick streifig. Es be-

sitzt eine weingelbe oder häufiger honigbraune Farbe und stimmt sonst in Beziehung auf die Eigenschaften mit den geringen Sorten des arabischen Gummi überein. Die Menge des unlöslichen, nur quellbaren Gummi beträgt etwa 1%. Eine sehr geringe Sorte bildet nach den von Schweinfurth und von Wiesner selbst mitgebrachten Proben das Gummi von *Acacia catechu*. Es hat allerdings auf frischem Bruch ein glasiges Aussehen, läßt sich leicht pulverisieren, hat aber schon eine starke Färbung, die von honiggelb ins Honigbraune geht. Einzelne Körner sind rot gefärbt. Die natürliche Oberfläche der knolligen oder stalaktitischen, auch tränenförmigen Stücke ist rissig-facettiert oder auch warzig. Es ist reich an nur quellbarem, aber in Wasser unlöslichem Gummi (5%) und gehört zu den geringsten Sorten von Akaziengummi. Nach Watt[121]) soll *Acacia catechu* ein schwach gelbliches, in Wasser lösliches Gummi von guter Qualität geben, was nach obigen Daten wohl zu berichtigen ist. Über indische Gummiarten, die von *Acacia*-Arten herrühren, s. auch Hooper[54]); ferner Watt[120]).

Zu »Indian Gum arabic« wird auch das Gummi von *Feronia elephantum*, von *Odina Wodier* und *Anogeissus latifolia* gerechnet.

e) Australisches Gummi.

Diese Gummiart, im englischen Handel und in den Heimatländern Wattle gum genannt, besteht aus stalaktitischen oder halbkugeligen Stücken mit einer flachen Seite, mit der die Stücke, die eine Länge bis zu 10 cm erreichen, den Rinden der Stammbäume anhafteten. An dieser flachen Seite liegen oft noch kleine Rindenstückchen, die mit der Gummimasse innig verbunden sind. Durch genaue mikroskopische Vergleichung der Rindenstücke mit der Rinde von *Acacia pycnantha* Benth. läßt sich beweisen, daß diese über das Innere von Neusüdwales verbreitete Akazie die Stammpflanze der Hauptmasse des australischen Gummi ist [Wiesner[123])].

Außer *Acacia pycnantha* (»golden wattle«), die auch durch hohen Gerbstoffgehalt der Rinde ausgezeichnet ist und eine wichtig gewordene Gerberrinde liefert, werden als gummiliefernde australische Arten noch angeführt: der Baum »Myall«, nämlich *A. homalophylla*, *A. mollissima* und *A. dealbata* [F. v. Müller[82])]. Auch die südaustralische *A. retinoides* soll Gummi liefern [Taubert[109])], ebenso die australische Gerberakazie, *A. decurrens*. Über das in Australien von *Flindersia maculosa* und von *Mezoneurum Scortechinii* Gummi s. oben. [Vgl. auch Siedler[103]).]

Das im Handel gewöhnlich vorkommende, von *Acacia pycnantha* abstammende australische Gummi ist von rotbrauner Farbe, durchscheinend, im Innern ziemlich homogen. Die Oberfläche der Stücke ist glatt und von netzartig verbundenen Sprunglinien durchsetzt. Die frische Bruchfläche ist entweder gänzlich oder doch an einzelnen Stellen matt. Diese matten Partien zeigen häufig eine zarte Parallelstreifung. Die wässrige Lösung des australischen Gummi hat einen schwach süßlichen Geschmack. Trotz der dunklen Farbe dieser Gummisorte zeichnet sie sich doch von den übrigen gefärbten Sorten des Akaziengummi vorteilhaft aus, und zwar sowohl durch ihre ebenso leichte wie vollständige Auflösung in Wasser. Australisches Gummi dreht in Lösung die Polarisationsebene nach links. Unter allen Akaziengummen liefert es die größte Menge von Schleimsäure. Das häufig in den Handel gebrachte Gummi von *Acacia fasciculata* ist zwar häufig von geringer Qualität. Hochwertig dagegen ist das von *A. pendula*, das vollständig wasserlöslich ist und viel von Australien nach England gehandelt wird.

f) Andere Akaziengummiarten.

Auch aus anderen als den bisher angeführten Ländern kommt, allerdings in kleineren Mengen, Akaziengummi in den Handel, und es hat den Anschein, daß schließlich überall, wo gummierzeugende Akazien in größerer Menge auftreten, deren Gummi in den Handel gelangen wird. Die fortwährend sich steigernde Verwendung des sogenannten arabischen Gummi in der Industrie und dessen Unersetzbarkeit durch künstlich dargestellte gummiähnliche Körper (z. B. Dextrin) lassen dies erwarten.

Seit langer Zeit kommt aus dem nordwestlichen Afrika, und zwar aus Marokko, ein Gummi in den Handel und wird von dem marokkanischen Hafen Mogador nach Europa gebracht. Dieses Gummi, marokkanisches Gummi oder Mogadorgummi genannt, stammt von *Acacia gummifera,* die nach Hooker im südlichen und westlichen Marokko große Bestände bildet [Hooker[53])]. Es besteht meist aus dunkelgefärbten, süßlich schmeckenden Körnern, die sich in Wasser unvollständig lösen. Der lösliche Anteil dreht die Polarisationsebene nach rechts. Unter allen bisher untersuchten Arten von arabischem Gummi (Akaziengummi) liefert das Mogadorgummi die geringste Menge von Schleimsäure. — Aus dem nordwestlichen Afrika kommt nach Pereira auch eine minderwertige Sorte von Gummi, dessen Körner wenig durchsichtig, gelbgrünlich sind und sich nicht vollständig in Wasser lösen.

Auch aus dem nördlichen Afrika kommt zeitweise ein kleines Quantum Gummi auf den europäischen Markt. Es wird in Tunis (Ebene von T'hala) gesammelt. Das tunesische Gummi ist von besserer Qualität als das marokkanische, was sich wohl dadurch erklärt, daß *Acacia horrida,* die, wie wir gesehen haben, erfahrungsgemäß gutes Gummi liefert, die Stammpflanze dieser Gummiart ist. Daß aber gerade diese Baumart das tunesische Gummi liefert, wird von Doumet-Adanson[20]) mit Bestimmtheit angegeben.

Im westlichen, äquatorialen Gebiete Afrikas sind es Angola und Benguella, die Gummi erzeugen und, freilich nur in geringer Menge, ausführen. In beiden Gebieten sammeln die Kopalsucher nebenher auch Gummi, welches von *Acacia horrida, A. etbaica, A. erubescens* und *A. albida* abstammt [Möller[80])]. *A. horrida* liefert gutes, hingegen *A. albida* nach mehrfachen Angaben ein geringes Gummi. Auch *A. etbaica* und *erubescens* sollen ein Gummi von guter Qualität liefern [Möller[80])]. Die englische Royal-Niger-Company bringt seit einigen Jahren 4—6000 Kisten Gummi nach Liverpool, das aber an Qualität dem Senegalgummi nachsteht [Wördehoff und Schnabel[127])].

Das oben mehrfach erwähnte Kapgummi ist meist von dunkler Farbe und überhaupt von geringer Qualität. Es kommt mit indischen Schiffen nach England und hat für den Kontinent gar keine Bedeutung. Es stammt von *Acacia karoo* (= *A. horrida*) und *A. giraffae.* Die oben (Vorkommen des Gummi) genannten amerikanischen Arten von Akaziengummi wurden bisher nicht genau untersucht. Sie scheinen durchweg minderwertig zu sein. Für Europa haben sie keinerlei Bedeutung.

Das Akaziengummi erscheint gewöhnlich im Handel als Gummi arabicum, von dem man die ausgelesenen Sorten albissimum und album usw., ferner electissimum, electum und ein minder reines, aus ungleichfarbigen Stücken zusammengesetztes Produkt als Gummi arabicum naturale unterscheidet. Doch wird es auch im Handel nach der Herkunft benannt, z. B. als Kordofangummi, Suakingummi, Gummi Senegalense (Preisliste von Gehe & Co. in Dresden), G. indicum, G. Ghatti (Preisliste der Drogen-Großhandlung von G. & R. Fritz in Wien) usw. Kleinkörnige Bruchware heißt Granisgummi.

Die Provenienz der ausgelesenen Sorten des arabischen Gummi ist wohl nicht immer aus dem Namen, welchen man ihnen beilegt, zu entnehmen. Nach Mitteilungen eines großen Wiener Handlungshauses, das die Triestiner Verhältnisse der Gummisortierung genau kennt, wird in Triest auch rohes (unsortiertes) Senegalgummi eingeführt, und zwar sowohl »bas du fleuve« als »Galam«, von denen das erstere höher im Preise steht. Bei mittleren und geringeren kleinkörnigen Rohmaterialien kommt es vor, daß auch arabisches Gummi mit Senegalgummi gemengt wird. Nach einer Mitteilung der Firma Gehe & Co. in Dresden vom Jahr 1900 kommt unter dem Namen »Kordofangummi« häufig Senegalgummi, oder ein Gemenge von arabischem (nach Wiesners Ausdrucksweise »Nilgummi«) und Senegalgummi vor. So war es etwa 1902, während nach dem Handelsbericht (1912) im Jahre 1911 gar kein Senegalgummi auf dem deutschen Markt erschien. Mit Rücksicht auf ein genaues Studium der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Gummiarten ist

zu betonen, wie wenig man sich bezüglich der Natur der Gummiarten auf die käuflichen Produkte verlassen darf und wie notwendig es für diese Zwecke sein wird, Gummiarten zu gewinnen, deren botanische und geographische Provenienz sichergestellt ist.

Da die gefärbten Varietäten des arabischen, des Senegalgummi und überhaupt der Akaziengummiarten wohl weiße Pulver, aber keine farblosen Lösungen geben, wie solche für viele industrielle Zwecke gewünscht werden, so hat man an Mittel gedacht, das gefärbte Gummi zu entfärben. Es sind hierfür von Picciotto zwei Methoden in Vorschlag gebracht worden, von denen die eine in einer Bleichung der Gummilösung durch eine gesättigte wässrige Lösung von schwefliger Säure, die zweite darin besteht, daß man die Gummilösungen mit kleinen Mengen von Alaunlösungen mengt und nach Ausfällung des Tonerdehydrats durch Kalilauge, das entfärbend auf das Gummi wirkt, die klare Lösung vom Niederschlag durch Abfiltrieren trennt. Es wird auch eine Naturbleiche in Anwendung gebracht, da die Farbstoffe des Gummi im Licht zerstört werden. In Omdurman (Chartum gegenüber, unterhalb des Zusammenflusses vom Blauen und Weißen Nil) befinden sich große Bleichanlagen, die nur darin bestehen, daß das Gummi, in dünnen Schichten ausgebreitet, dem Sonnenlichte ausgesetzt ist.

Verfälschungen des arabischen Gummi. Als solche werden angegeben: Versetzen der guten Sorten des arabischen Gummi mit geringen (siehe oben bei »Vorkommen des Gummi«) und mit Kirschgummi. Der Nachweis von nur quellbarem neben im Wasser löslichem Gummi spricht noch nicht für die Anwesenheit von Kirschgummi, da manche geringe Akaziengummiarten auch kleine Quantitäten von nur quellbarem Gummi führen.

Gepulvertes Gummi wird mit Stärke oder Mehl verfälscht. Diese Verfälschungen sind schon durch die Jodreaktion nachweisbar, da die Stärke als solche und die Stärkekörnchen des Mehls durch Jodlösung gebläut werden, eine Reaktion, die den löslichen Gummiarten nicht (wohl aber vielen Sorten von Tragant) zukommt.

Auch grobkörnig geformtes Dextrin [vgl. auch Blücher[41])] wird zur Verfälschung des arabischen Gummi angewandt. Zur Nachweisung dieser Verfälschung hat Hager[42]) folgendes Verfahren angegeben. Kocht man reines Gummi mit einer Lösung von Molybdänsäure, so bleibt die Flüssigkeit farblos, während bei Gegenwart von Dextrin die Lösung mehr oder weniger tiefblau gefärbt wird. — Jodlösung färbt eine Lösung von arabischem Gummi nicht, aber eine Dextrinlösung weinrot. Die Lösungen fast aller Sorten von arabischem Gummi sind linksdrehend, während Dextrinlösungen rechtsdrehend sind. Einige geringere Sorten von arabischem Gummi (von Geddah und Angra Pequena) drehen allerdings auch rechts, ja selbst Sennargummi, das doch zu den besseren Sorten gerechnet wird.

Die Unterscheidung der Sorten des arabischen Gummi ist bisher noch eine durchaus grob empirische. Wie verschieden der Gebrauchswert der sortierten Produkte dieser Ware ist, möge der Tatsache entnommen werden, daß das Preisverhältnis der besten zur geringsten Sorte sich wie 5 : 1 stellt (Preisliste von G. & R. Fritz, Wien). Mit dem Eindringen in die Chemie des arabischen Gummi, das beispielsweise gelehrt hat, daß die chemische Beschaffenheit des Geddahgummi von der des Kordofangummi verschieden ist und beide sich auch durch das Drehungsvermögen unterscheiden, wird die Unterscheidung der Sorten vielleicht später auf eine rationellere Basis gestellt werden. Einstweilen ist man auf äußere Kennzeichen angewiesen, besonders auf Farbe, Glanz und Klebkraft. Die Kennzeichen der guten und der geringen (neben Arabin noch quellbares Gummi führenden) Sorten des Akaziengummi ist schon oben gebührend hervorgehoben worden.

Anwendung. Die reinsten und weißesten Sorten des Akaziengummi werden in der Likörfabrikation, zu feinen Appreturen für Seidenwaren und Spitzen, zur Darstellung feinster Aquarellfarben, ferner in der Medizin; geringere Sorten in der Fabrikation von Zündhölzchen, zu ordinären Appreturen, im Zeugdruck, im großen Maßstab zur Herstellung von Gummiwasser für die Bereitung von so-

genannten Dampffarben (Kick und Gintl, Techn. Wörterbuch XI, S. 267 ff.) und zur Bereitung von Wasserfarben; die geringsten in der Tintebereitung angewandt. — Als Klebmittel spielt das arabische Gummi eine große Rolle und wird, je nach dem besondern Zweck in verschiedenen Graden der Güte verwandt. Um nur ein Beispiel für die enormen Quantitäten von als Klebstoff verwandtem arabischem Gummi zu geben, sei angeführt, daß nach Mitteilungen der Deutschen Reichsdruckerei als Klebstoff für Briefmarken, Stempel usw. jährlich dort ungefähr 100 000 kg arabisches Gummi gebraucht wurden, und daß vor dem Krieg nur Kordofangummi zur Verwendung kam.

Für technische Zwecke kommt gefärbtes arabisches Gummi im Handel vor. Zur Färbung dienen Kurkumatinktur, Anilinblau, Fuchsin usw. [Valenta[115])]. In den Heimatländern dient es vielfach als Nahrungsmittel. Nach Watt[120]) und Tschirch[114]) muß arabisches Gummi, das zu 46 % verdaulich ist, als sehr nahrhaft bezeichnet werden.

Die jährlich produzierte Menge des arabischen Gummi ist sehr bedeutend und steigert sich noch beträchtlich. In Gehes Handelsbericht (1909) wird die Gesamtmenge der letzten Gummiernte auf 8,5 Mill. kg beziffert und für 1910 auf 13 Mill. kg. Dies ist seit 35 Jahren die größte produzierte Jahresmenge. Die Ernte für 1912 wird auf 16—17 000 tons (à 1000 kg = 16—17 Mill. kg) geschätzt.

Geschichtliches über das arabische Gummi. Die neueren ägyptologischen Forschungen haben außer Zweifel gestellt, daß Gummi im alten Ägypten zur Herstellung von Malerfarben benutzt wurde. Im Totenbuche (165, 12) findet sich der Ausdruck mu-nu-qemi, d. i. Gummiwasser, welches zum Malen verwandt wird. Von ägyptischen Malern wurde das Gummi zur Herstellung von Farben benutzt [Ebers[26])]. Unter den Produkten des von ägyptischen Schiffen häufig besuchten Landes Punt spielt das »Ante« eine große Rolle. Hierunter sind wohl verschiedene Gummiarten, Gummiharze und Harze zu verstehen; die Untersuchungen Kralls haben jedoch dargetan, daß das »Ante« von Punt arabisches Gummi gewesen ist. Über das Land Punt ist viel gestritten worden, aber jede der Deutungen über seine Lage weist auf ein gummireiches Land. Anfangs betrachtete man die Somaliküste als das in ägyptischen Inschriften so häufig genannte Land Punt, später rechnete man hierzu auch die südarabische Küste. Nach den neueren Forschungen ist Punt die Küste von Suakin gegen Massauah zu gewesen [Krall[60])], also ein Küstenstrich mit gummireichem Hinterland. Die Nachrichten über Gummi aus Punt gehen zurück bis etwa ins 16. Jahrhundert v. Chr. (Papyrus Ebers, Inschriften der Königin Katsopsut).

Den alten Griechen war das arabische Gummi bekannt. Hippokrates wandte es zuerst medizinisch an, und kurz vorher (460 v. Chr.) nennt es Herodot (II, 86) u. a. als ein Ingrediens der Tinte. Bei Herodot erscheint zuerst das Wort κομμι für Gummi, von welchem Worte das moderne Wort Gummi (gomme, gum, goma usw.) abgeleitet wird, während das griechische Wort jetzt allgemein auf das im alten Ägypten gebräuchliche komi [k(o)mi] oder q(o)mi, zuletzt qmy (kmy) zurückgeführt wird. Nach Reinisch ist das griechische κομμι auf das koptische ⲕⲟⲙⲏ und dieses auf das ägyptische qema zurückzuführen. Das letztere ist aber auch in Ägypten ein Fremdwort gewesen und stammt aus der Sprache des Landes, aus dem die Ägypter das Gummi bezogen.

Gleich den alten Griechen war das arabische Gummi auch den alten Römern bekannt. Von arabischen Ärzten verwandt, lernte die Schule von Salerno das Gummi als Arzneistoff kennen. Es fand aber medizinisch nur wenig Verwendung und auch technisch wurde es im Mittelalter nur in geringem Maß benutzt. Seit Ende des 18. Jahrhunderts wird es industriell in einer sich fortwährend steigernden Menge gebraucht.

Das Senegalgummi ist wahrscheinlich im 14. Jahrhundert in Europa bekannt geworden, kam aber erst im 17. Jahrhundert in Frankreich zu größerer Anwendung. Bedeutung für den Welthandel erlangte es erst seit den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts (s. oben S. 998) und scheint, worauf schon oben mehrfach hingedeutet wurde, nunmehr zeitweise das arabische Gummi zu über-

flügeln. Der steigende Bedarf an löslichem Gummi hat andere Gummiarten in Aufschwung gebracht, so für England die australischen und die ostindischen Gummiarten, und seit der deutsch-afrikanischen Kolonisation war man bestrebt, den Gummiarten von Deutsch-Ostafrika und Deutsch-Südwestafrika in den deutschen Handel Eingang zu verschaffen.

2. **Feroniagummi.** Echtes ostindisches Gummi stammt von der zu den Rutaceae (Aurantioideae) gehörigen, in Vorder- und Hinterindien (Birma), auf Ceylon und Java vorkommenden *Feronia elephantum* [Watt[121]]. Diese ausgezeichnete Gummisorte wird nicht nur in Indien stark angewandt, sondern erscheint auch als ostindisches Gummi auf dem Londoner Markt.

Das Feroniagummi unterscheidet sich nicht nur durch die Größe der natürlichen Stücke, sondern auch durch den außerordentlich lebhaften Glanz von den Sorten des Akaziengummi. Es bildet große, unregelmäßige Klumpen mit höckriger Oberfläche. Die Bruchstücke haben häufig noch eine Länge von 3—7 cm. Die meisten Stücke sind durchsichtig und topasfarbig. Manche Stücke sind trübe und dann honiggelb bis braun und fettglänzend bis matt. Dieses Gummi ist, ähnlich den besten Sorten des arabischen Gummi, reichlich von tiefen Klüften durchsetzt. Irisierende Stücke finden sich häufig. Von den besten Sorten des Akaziengummi unterscheidet es sich dadurch, daß seine Lösungen die Polarisationsebene nach rechts drehen [Flückiger[30]]. Die Dichte ist zur Charakterisierung nicht zu benutzen, da die Menge der in dieser Gummiart eingeschlossenen Luft sehr wechselt. Das Feroniagummi löst sich leicht und vollständig in zwei Gewichtsteilen Wasser auf, und gibt stark klebende Lösungen. Gleich dem arabischen Gummi löst sich auch das Feroniagummi in wässriger Chloralhydratlösung nach einigen Tagen auf. Nach Lameland[61]) enthält Feroniagummi keine Oxydasen, was mit Rücksicht auf viele Verwendungsarten, im Vergleich zum arabischen Gummi, als Vorteil anzusehen ist.

Nach Flückiger und Watt ist die Viskosität des Feroniagummi größer als die des arabischen Gummi.

Der Wassergehalt des lufttrockenen Gummi beträgt 12,63 %. Es gibt 5,12 % Asche.

Das Feroniagummi findet die gleiche Anwendung wie gute und mittlere Sorten von arabischem Gummi. Zur Herstellung von Wasserfarben soll nach dem Urteil des bekannten englischen Miniaturmalers Mr. Smart[101]) dieses Gummi allen übrigen Gummiarten vorzuziehen sein. Es kommt schon seit längerer Zeit im englischen Handel vor und ist billiger als arabisches Gummi [Morgans[81])].

Abb. 19.
Stalaktitische Form des Gummi von *Anacardium occidentale*. *a*, *a* Bruchfläche, senkrecht zur Richtung der stengelförmigen Stücke. Natürliche Größe.

3. **Anakardiumgummi.** Diese Gummiart (Cashawagummi, *gomme d'acajou*, Acajougummi) [vgl. Siedler[103])] wird auf Martinique, Guadeloupe und in Brasilien gesammelt und rührt von dem in Westindien und Südamerika häufig vorkommenden Baume *Anacardium occidentale* her. Es wird auch auf Java gesammelt und als Klebmittel verwandt. Der Baum heißt dort »Djambu monjet« [Junghuhn[57])]. Auch in Indien wird *Anacardium occidentale* kultiviert und liefert dort ein Gummi, welches gesammelt und verwendet wird [Watt[121])]. Sowohl im physikalischen als chemischen Verhalten steht diese Gummiart dem Akaziengummi am nächsten. Es bildet meistens unregelmäßige, knollige, auch rundliche oder von Querrissen durchsetzte stalaktitische Massen (Abb. 19). Auch Tränen finden sich in der Ware vor. Die Oberfläche erscheint dem freien Auge

glatt. Die Farbe dieses Gummi ist topasgelb bis braunrötlich. Das Pulver ist weiß bis blaßgelbrötlich. Es bricht glasig und glänzt auf frischer Bruchfläche lebhaft und ist gewöhnlich weniger durchsichtig als arabisches Gummi. Die Lösung des Anakardiumgummi dreht die Polarisationsebene nach links. Im Polarisationsmikroskop verhält es sich gleich dem Akaziengummi.

Der gummöse Bestandteil dieser Gummiart löst sich fast völlig in Wasser zu einer gelblichen, stark klebenden Flüssigkeit. In 60%iger Chloralhydratlösung löst es sich nach einigen Tagen bis auf eine am Grunde verbleibende wolkige Schicht vollkommen auf. In der Auflösung des natürlichen Gummi schwimmen kleine braunrote Schuppen, Reste des Rindengewebes, ferner kleine Flöckchen, wahrscheinlich Bassorin. Das in Wasser lösliche Gummi besteht aus Arabin und Dextrin und führt nach Ludwig[66]) 1,5% Zucker. Das Gummi enthält 17,29 % Wasser und liefert 1,22 % Asche.

Das Anakardiagummi ist mit mittleren und geringeren Sorten von arabischem und Senegalgummi gleichwertig.

4. Mesquitegummi. Zahlreiche *Prosopis*-Arten, die in den südlichen Teilen der Vereinigten Staaten, in Mexiko und in Südamerika vorkommen, liefern ein Gummi, das in seinen Eigenschaften dem arabischen Gummi sich anreiht. Der sehr verschiedenen Abstammung entsprechend sind seine Qualitäten durchaus nicht gleich. Es erscheint im Handel unter dem Namen Mesquite- (oder Mezquite-, Misquit-, Miquit-) Gummi; aber auch noch unter mehreren anderen Namen. So ist das Sonoragummi (aus Sonora in Mexiko kommend), das »Goma de cujé vaque« (in Venezuela, Provinz Barcelona gesammelt), *Prosopis*-Gummi [Ernst[27])].

Diese beachtenswerte Gummiart ist zuerst von Morfit und Stehmann (1891) untersucht und beschrieben worden.

Nach Flückiger[31]) wird das Gummi hauptsächlich in dem weiten Gebiet von Texas bis zum kalifornischen Golf gesammelt und steht in den Vereinigten Staaten wie die geringen oder mittleren Sorten des arabischen Gummi in Verwendung.

Es wird angegeben, daß das Mesquitegummi 85% Arabin enthalte und sich im Wasser vollkommen löse [Valenta[115])]. Die von Wiesner untersuchten Arten von *Prosopis*-Gummi hinterließen meist quellbares, in Wasser nicht lösliches Gummi (3—14 %). Eine von Wiesner[125]) untersuchte Sorte, angeblich von *Prosopis juliflora* abstammend, war bis auf Spuren vollkommen im Wasser löslich und zeigte sonst noch eine Eigenschaft, die nur bei den guten Sorten des arabischen Gummi zu finden ist: sie löste sich vollständig (bis auf fremde Beimengungen) in (60%igem) Chloralhydrat auf.

Eine Sorte von Mesquitegummi aus Mexiko, die sicher von *Prosopis juliflora* herrührte (aus dem Berliner Botan. Museum), besteht aus gelblichen und bräunlichen, auch graulich gefärbten Körnern, ist glasartig im Aussehen, bricht muschlig und hat überhaupt das Aussehen einer geringen oder mittleren Sorte von arabischem Gummi. Diese Probe enthält 11,4 % nur quellbares, im übrigen lösliches Gummi. Merkwürdigerweise war auch dieses Gummi in wässrigem (60%igem) Chloralhydrat bis auf fremde Beimengungen (Rindenteilchen u. dgl.) löslich, während sonst Gummiarten, die zum Teil quellbares (in Wasser unlösliches) Gummi enthalten, selbst nach mehrtägiger Einwirkung von Chloralhydrat der genannten Konzentration einen stark gequollenen Rest zurückließen.

Die chemische Beschaffenheit des Mesquitegummi ist noch sehr ungenügend erforscht [Miller[77]); Flückiger[31])].

Im europäischen Handel ist dieses Gummi noch fast unbekannt. Sowohl Valenta als Stohmann sprechen die Ansicht aus, daß dieses Gummi wahrscheinlich bald einen bedeutenden und gesuchten Handelsartikel bilden werde.

5. Prunoideengummi. (Amygdaleengummi, Kirschgummi, gummi nostras, gomme du pays, cherry gum.) Diese Ware, obgleich aus den gummiartigen Ausscheidungen der verschiedenen Steinobstarten (Kirsch-, Pflaumen-, Aprikosen- und Mandelbäumen) bestehend, wird gewöhnlich Kirschgummi genannt. Dieser früher oft benutzte Pflanzenstoff war eine Zeit hindurch aus dem deutschen Handel verschwunden, während er

sich im französischen Handel fortwährend erhielt. Er wird aber jetzt wieder in der deutschen und österreichischen Industrie, beispielsweise im Kattundruck, verwandt [Hofmeister[52])].

Es liefern nicht nur die in Mitteleuropa vorkommenden Steinobstarten, sondern auch außereuropäische Prunoideen (Amygdaleen) sog. »Kirschgummi«. So wird nach Schindler[95]) in den Wüstengebieten Persiens und Palästinas Gummi von dort wildwachsenden Mandelarten (*Amygdalus leiocladus* und anderen Spezies) gesammelt. Dieses Gummi heißt dort Djedk-i-Ardjin und wird in Kerman verkauft. Was im europäischen Handel unter

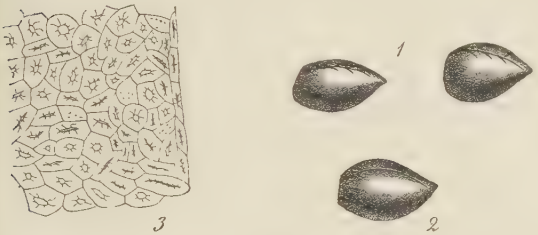


Abb. 20.
1. Steinkerne, die in einem vorderasiatischen Amygdaleengummi eingebettet gefunden wurden. ¾ natürliche Größe. 2. Steinkern von *Amygdalus spartioides*. ¾ natürliche Größe. *3.* Querschnitt durch einen Steinkern aus dem genannten Gummi Vergr. 230mal (Nach Hofmeister.)

dem Namen Persian Gum vorkommt, besteht der Hauptmasse nach aus dem Gummi von *Amygdalus leiocladus*[240]). Im Hariatdistrikte (Afghanistan) fließt Gummi reichlich aus Pflaumen- und Aprikosenbäumen aus, wird von den Eingeborenen, wie so viele andere Gummiarten, gegessen [Aitchison[3])] und kommt auch in den Handel.

Ein derartiges, in den böhmischen Industriebezirken praktisch verwandtes Gummi unbekannter Provenienz wurde von Cam. Hofmeister[52]) genau untersucht. Es unterschied sich nicht vom gewöhnlichen Kirschgummi. Es bildete unregelmäßig geformte, verschieden große Stücke, welche teils farblos, teils in verschiedenen Abstufungen bis tief dunkelbraun gefärbt waren. Es enthielt neben anhaftenden Jutefasern (vom Verpackungsmaterial herrührend) verschiedene vegetabilische Verunreinigungen (Zweigfragmente und Steinkerne), die dazu dienten, die Stammpflanze dieser Gummiart zu ergründen. Die morphologischen und anatomischen Verhältnisse der genannten vegetabilischen Einschlüsse (s. Abb. 20 und 21) ließen darauf schließen, daß sie

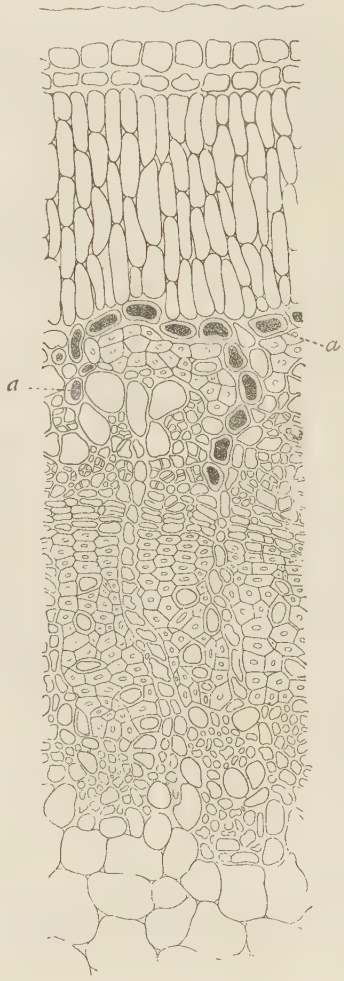


Abb. 21.
Querschnitt durch ein in einem vorderasiatischen Amygdaleengummi gefundenes Zweigstückchen. *a* braune, sich mit Vanillin-Salzsäure rot, mit Eisenchlorid schwarz färbende Inhaltsmasse. Vergr. 340mal. (Nach Hofmeister.)

von einer armlaubigen, spartioiden Mandelart, und zwar von *Amygdalus spartioides* herrühren, von welcher Pflanze, wie kaum zu bezweifeln ist, die genannte Gummiart abstammt. Diese und nahe verwandte Prunoideengummiarten dienen auch zur Verfälschung des Tragants (s. Schleime). — In Indien liefert *Prunus puddum* ein ordinäres »cherry gum« [Cooke[14])].

Nach Wigand[126]) entsteht dieses Gummi sowohl im Holzkörper als in der Rinde der genannten Bäume.

Die Körner dieses Gummi haben halbkuglige oder nierenförmige Gestalt und messen oft mehrere Zentimeter im Durchmesser. Die Oberfläche der Stücke ist glatt, oder von klaffenden Rissen durchsetzt. Sprünge treten nicht oder nur spärlich auf. Die äußeren Partien der Körner erscheinen trübe, die inneren klar. Die Bruchflächen sind muschlig und stark glänzend. Die Farbe liegt zwischen blaßgelblich und braun, oft mit einem Stich ins Tiefrote. Durch Alkalien nimmt der Farbstoff eine braune, mit Salzsäure eine rotviolette Farbe an. Pflaumengummi ist gewöhnlich licht, Kirschgummi dunkel gefärbt. Das von Hofmeister[52]) beschriebene Gummi zeigte alle Abstufungen von farblos bis dunkelbraun. Das Kirschgummi ist mehr zäh als spröde und läßt sich deshalb nicht so leicht pulverisieren wie gutes Akaziengummi. Es schmeckt manchmal süßlich, wenn darin Zucker, oder zusammenziehend, wenn Gerbstoff vorkommt; immer ist jedoch der Geschmack vorwiegend fade, gummiartig. Im Wasser löst sich dieses Gummi nie vollständig auf, sondern läßt stets eine relativ stark gefärbte Gallerte zurück. Nach mehrtägiger Einwirkung von 60 %iger, wässrigerChloralhydratlösung gibt es eine klare Lösung, hinterläßt aber eine klare, relativ stark gefärbte Gallerte. Im Polarisationsmikroskop erscheint das Gummi doppelbrechend.

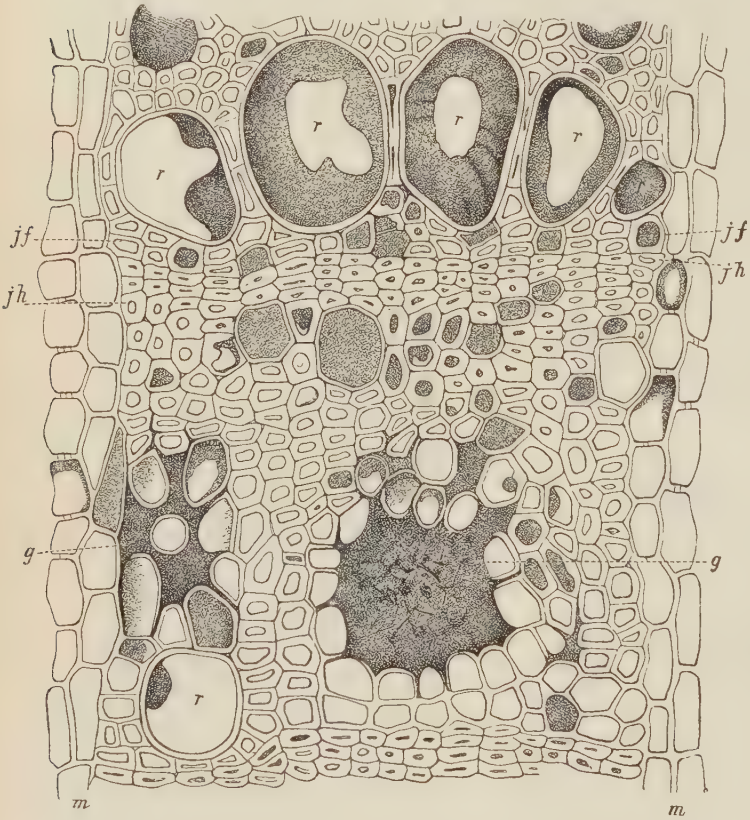


Abb. 22.
Gummibildung im Kirschholz, *g* lysigene Gummidrüsen. *r* mehr oder weniger mit Gummi erfüllte Gefäße. *m* Markstrahlen. *jf* Jahresring. Frühjahrsholz. *jh* Jahresring, Herbstholz. Vergr. 300 mal. (Nach Tschirch.)

Das Kirschgummi im weiteren Sinne führt im lufttrocknen Zustande 13—14% Wasser und gibt 2—3,5% Asche. Es besteht aus Zerasin und Arabin. Meist führt es, nach den Untersuchungen von Ludwig[66]), auch Krümelzucker und Gerbsäure. Die Menge des Arabin scheint im Gummi der Pfirsich- und Mandelbäume sehr beträchtlich zu sein, da sich diese beiden letztgenannten Gummiarten fast ganz in Wasser auflösen. Das Gummi der Kirschbäume führt nach Schmidt[242]) 52,1% Arabin und 34,9% Zerasin. Es enthält Gummiferment und, wie die Bläuung durch Guajaktinktur lehrt, ein oxydierendes Enzym.

6. Tragant. (Gummi Tragacantha, Tragacantha, Gomme Adragante, Tragacanth.) Da Tragant nicht zu den Gummiarten, sondern zu den Pflanzenschleimen gerechnet werden muß, ist er im Abschnitt »Schleime« behandelt.

7. Kokosgummi. Das Kokosgummi (gomme de coco, cocopalm gum, Haari-

tapau der Bewohner von Tahiti (Cooke[14])] soll von der Rinde der Kokospalme (*Cocos nucifera*) abgeschieden werden. Der karamelartige Geruch und Geschmack dieser Gummiart läßt annehmen, daß sie wohl kein unmittelbares Naturprodukt ist. Sie bildet stalaktitische Massen von oft traubenförmiger Gestalt. Die Stücke sind rotbraun bis zirkonrot von Farbe, durchscheinend, in dünnen Schichten durchsichtig. Dem freien Auge erscheint die Oberfläche völlig glatt. Bei 70facher Vergrößerung läßt die Oberfläche viele zarte Streifen und facettartig vereinigte Sprunglinien erkennen. Auf frischer Bruchfläche glänzt dieses Gummi. In der Härte stimmt es mit dem arabischen Gummi, in der Zähigkeit mit dem Tragant überein. Es läßt sich fast noch schwerer als Tragant in der Reibschale zerkleinern. Die Dichte schwankt zwischen 1,45—1,57. Im polarisierten Licht verhält es sich einfach lichtbrechend. In Wasser nur sehr unvollständig löslich, hinterläßt der Kokosgummi eine bassorinartige Gallerte. In einer 60%igen wässrigen Chloralhydratlösung löst sich dieses Gummi teilweise auf. Es hinterbleibt am Grunde des Gefäßes selbst nach mehrtägiger Einwirkung des Lösungsmittels eine braungefärbte aber klare Gallerte, die von einer dünnen wolkigen Schicht überdeckt ist.

Das Kokosgummi besteht aus Bassorin, löslichem, durch Bleizucker fällbarem Gummi, Dextrin, Zucker, einer karamelartigen Substanz, Wasser und Mineralbestandteilen. Die Menge des Bassorins beträgt 70—90%. Das Kokosgummi ist mithin die bassorinreichste von allen bekannten Gummiarten. Es führt 12,5% Wasser und liefert 1,74% Asche.

8. Chagualgummi. Dieses merkwürdige, auch Magueygummi genannte Produkt wird von der Bromeliacee *Puya coarctata* abgeleitet. Doch werden auch andere Puya- (Pourretia-) Arten als Stammpflanzen dieser Gummiart bezeichnet [Schroff[96])], z. B. außer der genannten *Puya*-Art noch *P.* (*Pourretia*) *leguminosa.*

Wiesner hat 1869 den Versuch gemacht, die botanische Abstammung dieser Gummiart zu ermitteln. Er fand, daß das Gummi Bruchstücke von Hohlzylindern bildet, an deren konkaven Flächen sich häufig Gewebereste vorfinden (siehe Abb. 25 u. 26) und daß man diese zur Charakterisierung der Gummiart heranziehen könne. Die mikroskopische Untersuchung dieser Gewebereste hat nun gezeigt, daß das von ihm untersuchte Chagualgummi (es war eine kristallhelle, topasgelbe Sorte) zweifellos von einer *Puya* (*Pourretia*) abstammt; aber ebenso gewiß konnte festgestellt werden, daß es nicht von *P. coarctata* herrührt.

Die Herleitung des Chagualgummi von *Puya coarctata* tauchte jedoch später wieder auf. So führt Guajardo[41])

Abb. 23.
Büschelförmiges Trichom von der dem Chagualgummi anhaftenden Oberhaut.
(Nach Hartwich.)

an, daß diese Ware von einer Pflanze herrühre, welche die Vulgärnamen Chagual, Puya und Carvon führe, die sonach identisch ist mit *Puya coarctata.*

Etwa zur gleichen Zeit wurde von Arta[5]) *Puya suberosa* (= *P. chilensis* = *P. coarctata*) als Stammpflanze des Chagualgummi genannt.

Später veröffentlichte Hartwich[46]) eine eingehende Untersuchung über Abstammung, Entstehung und über die Eigenschaften des Chagualgummi, die Wiesners Angabe bestätigte, daß wohl zweifellos eine *Puya* das Chagual liefert, daß man die Stammpflanze aber nicht mit *P. coarctata* identifizieren könne. Das Resultat Hartwichs muß um so mehr in die Wagschale fallen, als es dem genannten Forscher gelungen ist, außer den von Wiesner aufgefundenen Gewebsbestandteilen (Reste der Oberhaut des Blütenschaftes) noch andere von den Blättern der Stammpflanze herrührende Gewebsreste im Gummi nachzuweisen, die

gleichfalls nicht auf *Puya coarctata* (*P. chilensis*) hinweisen.

Hartwich[46]) hat in den Hautgewebsresten des von ihm untersuchten Chagualgummi eigentümliche büschelförmige Haare beobachtet, die an *Puya coarctata* nicht zu finden sind, wo aber auch charakteristische Trichome (Sternhaare) auftreten. Die genannten Büschelhaare, von den Sternhaaren der *Puya coarctata* auffällig verschieden (Abb. 23), sind für das Gummi charakteristisch. Wiesner hat diese Haare an untersuchten Proben von Chagualgummi gleichfalls beobachtet.

Wenn nun die Beobachtungen Hartwichs im Zusammenhalt mit Cederwalls[13]) Untersuchungen über den anatomischen Bau der Bromeliaceen keinen Zweifel darüber aufkommen lassen, daß das Chagualgummi von einer *Puya,* und zwar vom Typus *Pourretia* abstammt, so sind die Arten dieser Gattung, die das Gummi liefern, noch nicht ermittelt. Hartwich[46]) will indes trotzdem nicht *P. coarctata* als Stammpflanze des Chagualgummi gestrichen sehen und meint, es sei vorläufig anzunehmen, daß die Droge von drei *Puya*-Arten abstamme, nämlich von *P. chilensis* Mol. (*P. coarctata* Fisch.), *P. lanuginosa* Schult. und *P. lanata* Schult. Auch *P. tuberculata* Mart. wird als Stammpflanze des Chagualgummi genannt.

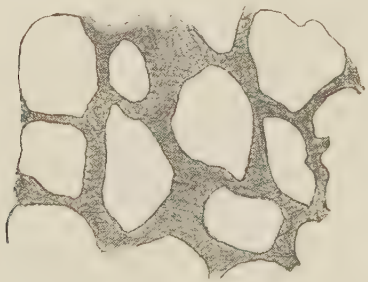


Abb. 24.
In Gummi sich umwandelndes Parenchym der Stammpflanze des Chagualgummi. Aus Chagualgummi. (Nach Hartwich.)

Das Gummi sammelt sich an den Blütenschäften der Pourretien an und tritt nicht freiwillig aus. Wie F. Leybold[63]) in St. Jago de Chile zuerst angab, wird die Bildung des Gummi durch die Raupe der *Kastnia* (richtiger *Castnia*) *elegans* veranlaßt. In späteren Berichten des Autors wird nochmals betont, daß die Verletzungen der Stammpflanze durch das genannte Insekt die Ursache des Gummiflusses der Pourretien bilden, daß aber die Ausschwitzungen des Gummi sowohl an Stengeln als an Blättern erfolgen.

Daß tatsächlich eine Verletzung der *Puya* zur Bildung des Chagualgummi führt, fand Hartwich[46]) durch Eigenschaften bestätigt, die sich hin und wieder an den Gummistücken direkt nachweisen ließen. Er fand nämlich Reste der Haut des Insekts, ferner kleine Klümpchen im Gummi, »die ausschließlich aus durch Gummi verklebten kleinen Spänen der Pflanze bestehen und völlig denen gleichen, die man vor den Bohrlöchern mancher Raupen findet. Diese Späne sind ausschließlich von Stücken der Gefäße und der sie umgebenden Fasern gebildet«. In Beziehung auf das Insekt gibt Leybold[63]) an, daß die Raupe der *Castnia elegans* — welche ein prachtvoller großer, fast vogelartiger Falter sein soll — sich gleich nach dem Auskriechen in das Innere der bromeliaähnlichen Pflanze einbohre, nach auf- und abwärts Gänge baue, worauf der Ausfluß des Gummi erfolge. Nach Erkundigungen, die Hartwich bei Fachmännern einzog, existiert eine *Castnia elegans* nicht, wohl aber ist die Gattung in Chile durch *C. eudesmia* vertreten.

Was die Bildung des Gummi anlangt, so ist es Hartwich[46]) gelungen, an dem Gummi selbst festzustellen, daß das parenchymatische Grundgewebe der Stengel, bzw. Blätter der Stammpflanze durch Verschleimung der Membran in Gummi umgewandelt wird (Abb. 24).

Nach Hartwich[46]) kommt in den Vegetationorganen der *Puya*-Arten nur etwas Schleim (in den Kalziumoxalat-Raphiden führenden Zellen) vor und kein Gummi. Er meint deshalb, daß die Gummibildung durch die Raupe der *Castnia* hervorgerufen werde. Wiesner stimmte dieser Ansicht nicht bei und meinte, daß der Angriff durch die Raupe die Gummibildung nur begünstige, da lysigene Gummigänge in den oberirdischen Vegetationsorganen der *Pourretia*-Arten vorkommen. Nach C. Mez[74]) sind für *Puya* (*Pourretia*) im Zentralzylinder auftretende lysigene Gummigänge charakteristisch.

Das Chagualgummi, das Wiesners Beschreibung zugrunde lag, bestand aus Bruchstücken von Hohlzylindern (Abbildung 25). Es hatte sich zweifellos an (zylindrischen) Stengeln, nämlich an den Blütenschäften der Stammpflanze angesammelt. Dieses Gummi gab wichtige Anhaltspunkte zur Charakteristik des Chagualgummi überhaupt. Es bestand aus Bruchstücken von Hohlzylindern verschiedener Größe, denen eine Dicke von 0,2—1,5 cm zukam. Die etwas unregelmäßig geformte Außenseite war von sich häufig polygonal abgrenzen-

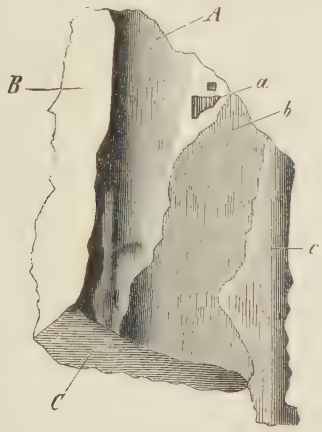


Abb. 25.
Chagualgummi. *A* konkave Innenseite eines Bruchstückes. *B* radiale Längsbruchfläche. *C* Querbruchfläche. *a b* anhaftendes Oberhautgewebe. *c* Abdruck der Skulptur des Stammes, über den sich das Gummi ergoß. Natürl. Größe.

den, klaffenden Rißlinien durchsetzt und zudem nicht selten feinstreifig. Die konkave Innenseite jedes Bruchstückes war sehr regelmäßig der Länge nach parallel gestreift und stellte einen genauen Abdruck der Stengeloberfläche der Stammpflanze dar. An vielen Stellen war diese streifige Innenfläche des Gummi mit der Oberhaut der Stammpflanze und kleinen anhaftenden Parenchymresten überdeckt (Abb. 25). Das weiße, glanzlose Gewebe hob sich scharf von der glänzenden, nackten Oberfläche des Gummi ab. — Nach der Wölbung der Stücke zu urteilen, dürften die Stämme, über deren Oberfläche sich das Gummi ergoß, einen Durchmesser von 2—4 cm gehabt haben.

Die Bruchstücke des Chagualgummi sind vorwiegend glashell und von dichter gummiartiger Beschaffenheit. Seltener sind trübe und von Luftblasen durchzogene Stücke. Der Bruch des Gummi ist muschlig, die Farbe topasgelb. Die Härte stimmt mit der des arabischen Gummi überein. Das Chagualgummi ist wohl auch zähe, aber doch nicht in dem Grad wie der Tragant. Die Dichte beträgt nach völliger Entfernung der Luft 1,866. — Sehr charakteristisch für diese Gummiart ist auch ihr Verhalten im polarisierten Licht. Jedes Stück zeigt bei gekreuzten Nikols infolge von Spannungsunterschieden Doppelbrechung und erglänzt in den schönsten prismatischen Farben. Ein quer oder der

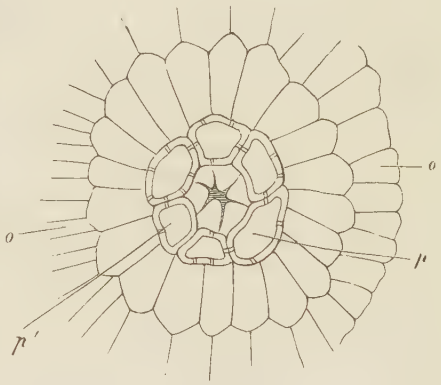


Abb. 26.
Gewebsstück von der Innenseite des Chagualgummi. *o o* Oberhautzellen. *p p* daran haftendes dickwandiges Parenchym. Vergr. 300mal.

Länge nach radial durchschnittenes Stück läßt aber zudem noch eine konzentrische Anordnung der Farben scharf hervortreten. — Diese Gummiart hat einen rein schleimigen Geschmack.

Das von Wiesner untersuchte Chagualgummi gehört zu den bassorinreichsten aller bekannten Gummiarten. Es löst sich deshalb nur teilweise (15,83%) in Wasser auf. Der Rückstand gibt eine stark lichtbrechende, kristallhelle Gallerte, die wie die Lösung des Gummi sauer reagiert. Die Gallerte klebt nur wenig, bindet aber stark nach erfolgter Eintrocknung. In 60%iger Chloralhydratlösung löst sich das Chagualgummi zum großen Teil auf; nach mehrtägiger Einwirkung des Reagens hinterbleibt am Grunde des Gefäßes eine klare Gallerte, die von einer wolkigen Schicht überdeckt ist. — Das in Wasser

lösliche Gummi verhält sich in allen Reaktionen genau wie das im Tragant vorkommende lösliche Gummi. Die Gallerte besteht der Hauptmasse nach aus Bassorin. Mit einer Lösung von Natriumkarbonat zusammengebracht nimmt die Gallerte sogleich eine zitronengelbe Farbe an, und schon hierdurch läßt sich das Chagualgummi leicht von den übrigen bekannten bassorinhaltigen Gummiarten unterscheiden. Dextrin ist in diesem Gummi nicht nachweisbar. Zucker kommt darin nur spurenweise vor. Es enthält 13,46% Wasser und liefert 2,43% Asche.

Wiesner hat die Sorten des Chagualgummi der Wiener Sammlungen studiert und gefunden, daß diese in den Eigenschaften von der zuerst von ihm beschriebenen Sorte mehrfach abweichen, was sich zunächst schon in der Form und Farbe der Stücke zu erkennen gab. Neben den hohlzylindrischen kamen auch knollenförmige und stalaktitische Massen vor, die sich offenbar stellenweise in großer Menge am Blütenschafte oder an den Blättern angesammelt hatten. Auch den knollenförmigen Stücken hafteten mit freiem Auge erkennbare Oberhautreste an. Die Farbe des Chagualgummi geht von Topasgelb durch Honigbraun in Schwarzbraun über. Hartwich gibt dieselben Form- und Farbenunterschiede an, hat aber auch beinahe farblose und fast schwarze Stücke gesehen. Die Verschiedenartigkeit der Färbung scheint auf eine Verschiedenartigkeit der Abstammung hinzudeuten; es könnte aber auch sein, daß von ein und derselben Spezies Gummi von verschiedener Färbung produziert wird. Der Farbstoff der dunklen Sorten des Chagualgummi unterscheidet sich von dem der meisten Gummiarten dadurch, daß er durch Salzsäure nicht in Rotviolett umgewandelt wird, sondern anscheinend unverändert bleibt. Wiesner bewahrte ein Stück Chagualgummi auf, in welchem lichtweingelbe Stellen mit honigbraunen bis braunschwarzen Partien abwechselten.

Hartwich[46]) hat auf die Tatsache aufmerksam gemacht, daß die Löslichkeit der Sorten des Chagualgummi sehr verschieden ist und daß, ungleich dem arabischen Gummi, welches fast in gleichem Maße in kaltem und heißem Wasser löslich ist, siedendes Wasser weitaus mehr Gummi löst, als kaltes. Hartwich fand, daß die fast schwarzen Stücke des Chagualgummi in Wasser wohl zerfielen, aber sich nicht lösten; löslicher sind nach seinen Beobachtungen die rotbraunen und gelblichen Stücke; die fast farblosen Stücke lösten sich nach seinen Beobachtungen in Wasser vollständig auf.

Gegenüber Chloralhydrat verhalten sich die Sorten des Chagualgummi sehr verschieden. Die dunklen Sorten lassen, ähnlich so wie Moringagummi, einen nicht unbeträchtlichen gequollenen Rest zurück. Vollständige Lösung hat Wiesner an keiner der von ihm untersuchten Sorten beobachtet. Er hat aber auch keine farblose, in Wasser vollkommen lösliche Sorte, die sich wahrscheinlich in Chloralhydrat vollkommen gelöst hätte, vor sich gehabt.

Bei der Hydrolyse des Chagualgummi erhält man Xylose und i-Galaktose neben etwas d-Galaktose [Winterstein[128])].

Nach Mitteilungen von Gnehm über die technische Verwendbarkeit des Chagualgummi an Hartwich könnte das Gummi im Zeugdruck verwandt werden, aber hierzu müßten die helleren klaren Stücke aus der Rohware ausgelesen werden.

9. Gummi von Cochlospermum gossypium. Das Gummi des in Indien [Watt[121])] häufig vorkommenden *Cochlospermum gossypium* soll bereits im englischen Handel als geringe, »Kuteragummi« oder »Ketira« genannte Tragantsorte vorkommen. Diese Gummiart bildet schmutzig gelbliche bis braune, fast undurchsichtige Körper von glatter, aber glanzloser Oberfläche, läßt sich leichter als Tragant pulvern und gibt beim Zerreiben im Mörser ein blaß braunrötliches Pulver. In Wasser ist das Gummi nur teilweise löslich. Weingeist entzieht den Farbstoff und etwas Zucker. Wiesner konnte in dieser Gummiart Strukturverhältnisse nur in Spuren wahrnehmen. Nach der Behandlung mit Wasser und Kochen des Restes in einer Sodalösung bleiben kleine Gewebsreste in Form rötlicher Schüppchen und Flöckchen zurück. Gegen Chloralhydrat verhält es sich so wie Tragant (s. dieses im Abschnitt: Schleime).

Das Gummi von *Cochlospermum gossypium* scheint eine ziemlich komplizierte chemische Zusammensetzung zu haben.

Wiesner hat darin Bassorin, Zerasin, kleine Mengen von Dextrin, eine mit dem löslichen Anteil des Tragants übereinstimmende Gummiart, ferner Wasser und Mineralbestandteile aufgefunden. Es enthält 15,3% Wasser und gibt 1,98% Asche [Wiesner[123]); Lameland[62])].

10. Gummi von Moringa pterygosperma. *Moringa pterygosperma* ist ein in vielen Gegenden Indiens gemeiner Baum, aus dessen Stamm reichlich das Gummi (*gomme de benailé*) ausfließt. Es bildet Körner oder strangförmige Stücke von meist 2—4 cm Durchmesser. Die Körner haben eine glatte, die Fäden eine der Länge nach parallel gestreifte Oberfläche. Die frische Bruchfläche des Gummi ist anfänglich stark fettglänzend, wird aber bald matt. Die Farbe des Gummi ist rötlichbraun bis braunschwarz, in Pulverform graugelb mit einem Stich ins Zimtbraune. Es läßt sich leicht pulvern. Die Dichte schwankt wegen wechselnder Mengen eingeschlossener Luft zwischen weiten Grenzen. Das Gummi zeigt einen ausgezeichneten zelligen Bau, der hier noch schärfer als beim Tragant ausgeprägt ist. Einzelne Zellen führen einen im Mikroskop hellbraunrot erscheinenden Farbstoff. Stärkekörner kommen in den Zellen nicht vor. Die äußeren Schichten der Zellmembranen, vorwiegend aus in Wasser löslichem Gummi zusammengesetzt, sind meist weniger gut erhalten als die inneren, die vorzugsweise aus in Wasser nur aufquellendem Gummi bestehen. Dieses Gummi erscheint im Polarisationsmikroskop einfach lichtbrechend.

Abb. 27.
Gummi der *Moringa pterygosperma* Gaertn. *A* in verdünntem Alkohol. Zellen unverändert. *B* in Wasser präpariert. *a* quellende Zellwand. *b* gefärbter, in Wasser unlöslicher Zellinhalt. *C a β* Zellreste, die nach der Erschöpfung des Gummi mit Wasser zurückbleiben. Vergrößerung 200 mal.

Das Gummi weicht in der chemischen Zusammensetzung wesentlich von den anderen Gummiarten ab, indem neben Bassorin, Dextrin und einer in Wasser löslichen Gummiart, die mit der in Wasser löslichen Gummiart des Tragants zusammenstimmt, ferner neben Wasser und Mineralbestandteilen noch in Alkohol und Äther lösliche Substanzen darin vorkommen. Von dem natürlichen Gummi lösen sich 8,30 % in Alkohol, vom Rückstand 7,85 % in Äther. Der in Alkohol, Äther und Wasser unlösliche Teil löst sich fast gänzlich in Alkalien auf, er besteht vorwiegend aus Bassorin. — In 60%iger Chloralhydratlösung löst sich das Moringagummi nur sehr unvollkommen auf. Nach mehrtägiger Einwirkung des Reagens bildet sich eine rotbraune klare Lösung. Am Grunde des Gefäßes bleibt reichlich eine gequollene klare Gummimasse zurück, die von einer wolkigen Schicht überdeckt ist. Die Wassermenge des Gummi beträgt 11,71%, die Aschenmenge 1,81% [Wiesner und Beckerheim[124]), Wiesner[123]), Jadin et Boucher[56])]. In diesem Gummi kommen nach Volcy-Boucher zwei Enzyme: Myrosin und Emulsin vor. [Volcy-Boucher[117]). In dieser Abhandlung werden 80 Gummiarten aufgezählt, die Emulsin enthalten.]

11. Anhang. Es sei an dieser Stelle kurz erwähnt, daß das in neuerer Zeit oft genannte Perugummi [Liecke[64])] keine eigentliche Gummiart, sondern das zerkleinerte Gewebe eines Pflanzenteiles — wahrscheinlich eines knollenförmigen Rhizomes oder einer knollenförmigen Wurzel — ist, welches, ähnlich wie Salep, Eibischwurzel, Flohsamen usw. unvollständig in Schleim umgewandelt ist. Nach Gintl (Kick und Gintl, Techn. Wörterbuch VI,

S. 613) stammt das Perugummi von einer *Asphodelus*-Art des Libanon. Diese Herleitung ist wohl nicht stichhaltig. Von den im Libanon vorkommenden *Asphodelus*-Arten kämen als Stammpflanze des Perugummi nach Mitteilung von v. Wettstein, nur *A. microcarpus* Vic. und *A. fistulosus* L. in Frage. Außer diesen beiden Arten, von denen indes die letztere wegen des geringen Wurzelvolumens kaum in Betracht gezogen zu werden braucht, hat Wiesner auch den früher offizinellen *A. ramosus* L. [über die ehemals offizinelle *Radix Asphodeli* s. Berg[9])] mit dem Perugummi verglichen. Schon die von Greenish[38]) durchgeführte anatomische Untersuchung der Wurzel von *A. albus* Mill. schließt die Wahrscheinlichkeit, daß die sog. Peruwurzel einem *Asphodelus* angehöre, aus. Auf Wiesners Anregung hat P. v. Tannenhain einen eingehenden anatomischen Vergleich zwischen der Peruwurzel und den Wurzeln der genannten *Asphodelus*-Arten angestellt, der die Identität der beiden vollkommen ausschließt, was sich höchst auffallend schon darin ausspricht, daß die Markparenchymzellen des Perugummi einen etwa vier- bis fünfmal so großen Durchmesser aufweisen wie die korrespondierenden Elemente der genannten *Asphodelus*-Wurzeln. Das Perugummi setzt sich nur aus geformten Elementen, vorzugsweise parenchymatischer Natur, zusammen, wie sich bei der Präparation des Pulvers in fettem Öl erweisen läßt. In chemischer Beziehung steht es dem Salep nahe. Das Perugummi führt 12,72% Wasser und liefert 4,82% Asche. Wasser löst von der ursprünglichen Substanz 72,54% auf, wovon 33,97% durch Alkohol und neutrales Bleiazetat fällbar sind. Alkohol löst von der unveränderten Substanz 48,69 %. Näheres über die morphologischen und chemischen Eigenschaften des Perugummi siehe C. Beckerhinn[7]) und Wiesner[123]).

W. v. Brehmer.

C. Literatur.

1. Aderhold in Arbeiten Gesundheitsamts, Land- u. Forstwirtschaft, Berlin (1902).
2. Aitchison in The Chemist and Drogist, (1880).
3. Aitchison in Z. österr. Apoth.-Ver- (1881).
4. Ambronn, Das optische Verhalten u. die Struktur des Kirschgummi. Ber. Bot. Ges. (1889), 103.
5. Arta in Pharmazeut. Jahresber. (1892).
6. W. Beam, 3d rep. Wellcome Research Laborat. Gordon Memor. College, Khartoum, London (1908).
7. C. Beckerhinn, Dinglers Polyt. Journ. **193**, 163.
8. Beijerinck, Onderzoekingen over de Besmettelijkheid der Gomzickle by planten, Amsterdam (1884).
9. Berg, Pharmaz. Warenkunde, 82.
10. Berthelot, Chim. org. **2** (1860), 279.
11. Blücher, Auskunftsbuch für die chem. Industrie, 10. Aufl. (1918), 535.
12. Busse, Reiseber. Exped. deutsch-ostafrikan. Steppen. Tropenpflanzer **5** (1901).
13. Cederwall, Anatomisk fisiologiska undersök blodet hor Bromel, Göteborg (1884).
14. Cooke, Report of the Gums etc. of the India Mus. (1874).
15. Cotton in Journ. Pharm. et de Chimie (1893), aus Bull. de Pharm. de Lyon.
16. H. Croeber, Der Gummi, ein Wink f. Gummidrucker. Photogr. Rundschau **52** (1916).
17. Czapek, Biochemie (1905).
18. Dalziel in Bull. R. Bot. Garden Kew (1910).
19. Dietrich, Über südwestafrikanisches Gummi (Kolonialgummi aus Angra-Pequena-Hinterland). Ber. Deutschen Pharmaz. Gesellsch. **8** (1898), 87—92.
20. Doumet-Adanson, Note sur l'acacia gummi-fère de la Tunésie. Repert. Pharm. (1874).
21. Dragendorff, Die Heilpflanzen d. verschiedenen Völker u. Zeiten, Stuttgart (1898).
22. E. Dürkop, Nutzpflanzen der Sahara. Beibl. zum Tropenpflanzer (1903).
23. Dymok, Warden, Hooper, Pharmacogr. India **1** (1890).
24. v. Ebener, Untersuchungen über die Ursachen der Anisotropie organ. Substanzen, Leipzig (1882).
25. v. Ebener, Über das optisch-anomale Verhalten des Kirschgummi u. des Tragants gegen Spannungen. Sitzungsber. Ksl. Akad. Wissensch., Wien, mathem.-naturwiss. Cl. **97** (1888).
26. G. Ebers, Ägypten und die fünf Bücher Mosis, Leipzig (1868).
27. Ernst, La exposicion de Venezuela (1886). Expos. nac. Caracas (1886).
28. E. Fickendey, Die pflanzl. Exportprodukte von Deutsch-Adamaua. Tropenpflanzer **15** (1911), 157.
29. E. Fickendey, Von einem Pflanzengummi im Fleisch der Ölpalmenfrucht. Kolloid.-Zeitschr. **33** (1918), 107—109.

30. Flückiger, Gummi u. Bdellium vom Senegal. Schweizer. Wochenblatt f. Pharmazie **6**—**8** (1869).
31. Flückiger, Bot. Jahresbericht **2** (1878), Pharmazeut. Chemie, 2. Aufl. (1888) u. Pharmakognosie, 3. Aufl. (1891).
32. Gessert, Gummipflanzen im Namalande. Zeitschr. trop. Agrikultur (1898).
33. Gilg in Sadebeck, Kulturgewächse der deutschen Kolonien, Jena (1899), 258.
34. E. Glaser, in Mitteil. Geogr. Gesellsch., Wien (1887).
35. V. Grafe in Wiesner, Festschrift (1908).
36. V. Grafe, Zur Abwehr, Zeitschr. physiol. Chemie **63** (1909), 106—108.
37. V. Grafe, Die Gummisubstanzen in Abderhalden, Biochem. Handlexikon, Berlin (1910).
38. Greenish, Pharmac. Journ. and Transact. (1894), Nr. 1243.
39. Grüß in Bibliotheca Botanica (1896).
40. Grüß u. Sorauer in Notizbl. Berl. Botan. Garten (1910).
41. Guajardo, Botanica nacional o sea plantas medicinales de Chili, Santiago (1892).
42. Hager, Kommentar zur ersten deutschen Pharmakopoe **2** (1884).
43. Haggenmacher, Reise im Somalilande. Peterm. Geogr. Mitteil. Ergszsb. **47** (1876).
44. Hamilton, Researches in Asia minor. Pharm. Journ. (1842).
45. Hanausek, Über Entstehung von Gummi aus Zellulose der Zellhaut. Ber. Bot. Ges., Generalvers. (1902).
46. C. Hartwich, Chagualgummi. Zeitschr. des österreich. Apothekervereins (1896).
47. Th. v. Heldreich, Die Nutzpflanzen Griechenlands, Athen (1862).
48. Heuglin, Reise nach Abessinien (1868).
49. Hildebrand in Zeitschr. Gesellsch. Erdkunde, Berlin (1875), 279.
50. Hirschsohn in Pharmaz. Zeitg. f. Rußland (1893).
51. v. Höhnel in Ber. Bot. Ges. **6** (1888).
52. Hofmeister, Über ein Amygdalus-Gummi. Ber. Bot. Ges. **16** (1898).
53. Hooker and Bull, Journal of a tour in Marokko etc. Tropenpflanzer **7** (1903).
54. Hooper, An report of Indian gums yield by spec. of Acacia. Indian Forester (1904).
55. Husemann, Pflanzenstoffe in chemischer, physiologischer usw. Hinsicht. Blge. (1870 bis 1871), 2. Aufl., 1883.
56. Jadin et Boucher, Production de gomme chez le Moringa. Bull. sc. pharm (1904).
57. Junghuhn, Java **1**, **2** (1852—1854).
58. Kiepert, Hausknechts Routen im Orient, Berlin (1882).
59. M. Th. Koks, Kollobiasen und Intraits. Pharmac. Weekblad **58** (1921), 179.
60. J. Krall, Studien zur Geschichte des alten Ägypten. 4. Das Land Punt. Sitzungsber. Ksl. Akad. Wiss. Wien (1890).
61. P. Lameland, Contrib. à l'étude de quelques gommes Gezirek, Cordofan, Feronia etc., Paris (1905).
62. P. Lameland, Sur la gomme du Cochlospermum Gossypium. Journ. Pharm. et Chimie (1909).
63. Leybold in Zeitschr. allgem. österreich. Alpenvereins (1871 u. 1874).
64. Liecke in Polytechn. Journal **188**, 507.
65. Louvet et Corre in Journ. de Pharmacie et de Chimie **24** (1876).
66. Ludwig, Lehrbuch der niederen Kryptogamen, Stuttgart (1892), 198 und Arch. d. Pharm. **82**, 44.
67. L. Lutz, Sur la marche de la gommose dans les Acacias. Bull. Soc. Botan. France (1895).
68. L. Lutz, La gommose dans les racines et les fruits des Acacias. Bull. Soc. Botan. France **60** (1913), 322—324.
69. Maben in Pharmaz. Journal and Transact. **20** (1890).
70. E. Mach, Optisch-akustische Versuche, Prag (1873).
71. Martin in Journal Pharm. et de Chimie **23** (1875).
72. R. Mauch, Über physik.-chem. Eigensch. Chloralhydrats u. dessen Verwendung in pharm.-chem. Richtung. Straßbg. Inaug.-Dissert. (1898).
73. M. J. Meweau, Recherches sur la viscosité et en particulier viscosité des gommes, Thèse, Paris (1910).
74. C. Mez in de Candolle, Monogr. Phanerog. **9** (1896), Bomeliaceae.
75. Mikosch, Über die Entstehung des Kirschgummi. Sitzungsber. Ksl. Akad. Wissensch. Wien, mathem.-naturwiss. Kl. (1906).
76. S. B. Miles, On the Neighbourhood of Bunder Marayah. The Journ. Roy. Geogr. Soc. London **22** (1872), 64.
77. A. W. Miller, Mezquitegum. Pharmaz. Journ. and Transact. (1876).
78. J. Moeller, Über Entstehung des Akaziengummi. Sitzungsber. Ksl. Akad. Wissensch. Wien, mathem.-naturwiss. Kl. **72** (1875).
79. Moeller, Pharmakognosie, Wien (1889).
80. Möller, Gummiakazien in Angola. Zeitschrift trop. Landwirtsch. **2** (1898).
81. Morgans, Brit. Tread Journ. (1868).
82. v. Müller, Select. plants for industrial culture in Victoria (1872).
83. P. Paulitschke, Ethnographie Nordostafrikas. Die mater. Kultur des Somal usw. Berlin (1893). Die geistige Kultur, Berlin (1896).
84. Pfeffer, Pflanzenphysiologie **1**, Lp. (1897), 556.
85. Prebble, Notes of East-India Gums. Pharm. Journ. and Transact. **18** (1858).
86. L. Rayband, Über das Gummi von Entada sudanica. C. R. Soc. Biologie **85** (1921), 933—935.
87. Rathay in Progr. oenol.-pom. Lehranstalt Klosterneuburg (1896).

88. Rein in Tropenpflanzer **15** (1911), 218.
89. Reinitzer, Über die wahre Natur des Gummifermentes. Zeitschr. physiol. Chemie **14** (1890).
90. Reinitzer in Zeitschr. physiol. Chemie (1911), 361.
91. Rideal in Beckurts Jahresberichte der Pharmazie (1892 u. 1911).
92. Rochleder, Phytochemie (1854).
93. Roussin in Journal Pharmazie **37** (1860), 411.
94. Scheibler, Über das Vorkommen von Arabinsäure (Gummi) in Zuckerrüben und über den Arabinzucker (Gummizucker). Ber. Chem. Ges. **6** (1873), 618.
95. Schindler, Reisen im südl. Persien. Z. Ges. Erdkunde, Berlin (1881).
96. Schroff in Pharmaz. Jahresber. (1867).
97. Schweinfurth in Linnaea (1867), 337.
98. Schweinfurth, Acacia-Arten des Nilgebietes (Linnaea 1868).
99. Schweinfurth, Im Herzen von Afrika **1** (1874), 104.
100. Schweinfurth, Le piante utili dell' Eritraea. Ser. Afric. d'Italia **10** (1890).
101. S. Schwendener, Zur Doppelbrechung vegetabilischer Objekte. Sitzber. Kgl. Pr. Akad. Wissensch. **18** (1889).
102. S. Schwendener, Nochmals über die optisch-anormale Reaktion des Tragant- und Kirschgummi. Sitzungsber. Kgl. Pr. Akad. Wissensch. **42** (1890).
103. Siedler in Ullmann, Enzyklopädie der techn. Chemie **6** (1915), 385.
104. Smart in Roxbourgh, Plants of the coast of Coromandel **2**, 1795—1819.
105. Gr. Smith, in Journ. Soc. Chem. Ind. (1904).
106. Smith in Tropenpflanzer **8** (1904).
107. P. Sorauer, Untersuchungen über Gummifluß u. Frostwirkungen bei Kirschbäumen III. Landwirtsch. Jahrbücher **46** (1914), 253.
108. de Sornay, Les plantes tropicales alimentaires et industrielles de la famille des Léguminoses, Paris (1913), 339.
109. Taubert in Engler-Prantl, Natürl. Pflanzenfam. **III**, **3** (1894), 110.
110. Taubert in Engler, Pflanzenwelt Ostafrikas, B. Nutzpflanzen, 425, Berlin (1895).
111. Thoms, Gummi arabicum aus Angra Pequena. Zeitschr. trop. Agrikultur (1898).
112. R. Tollens, Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate, 3. Aufl. (1914), 479.
113. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie **I**, 215, Wien u. Leipzig (1889).
114. Tschirch, Harze u. Harzbehälter, 2. Aufl., Leipzig (1906) u. Handbuch f. Pharmakognosie **2** (1911).
115. Valenta, Die Kleb- u. Verdickungsmittel. Allgem. Warenkunde u. Rohstofflehre **6**, Kassel (1884).
116. A. Vogl, Kommentar österreich. Pharmakopoe (1892).
117. Voley et Boucher in Bull. Sciences Pharmacol., Paris (1908).
118. O. Warburg, Einige Bemerk. z. südwestafrikan. Gummifrage. Zeitschr. trop. Agrikultur **2** (1898).
119. Waring in Pharmac. of India (1868).
120. Watt, The commercial products of India, London 1908.
121. Watt, Products of India **1** (1889); **2** (1889).
122. Wehmer, Die Pflanzenstoffe, Jena (1911).
123. J. v. Wiesner, Die technisch verwendeten Gummiarten, Harze u. Balsame, Erlangen (1869) u. das Gummiferment. Sitzungsber. K. Akad. Wiss. Wien **92** (1885).
124. v. Wiesner u. Beckerheim, Über das Gummi von Moringa pterygospermum. Dingler, Polytechn. Journal **193**.
125. v. Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreichs **1** (1914), 51—150.
126. Wigand, Desorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheims Jahrbücher wissensch. Botanik **3** (1863).
127. Wördehoff u. Schnabel, Über Senegalgummi. Zeitschr. trop. Landwirtschaft **1** (1897).
128. Winterstein, Ber. Chem. Ges. (1898).

W. von Brehmer.

129. A. B. Stevens u. A. Tschirch, Pharm. Zentral-H. **46** (1905), 501; Stevens, Am. Journ. Pharm. **77** (1905), 255; Kehrer, B. **35** (1902), 2525; A. Bach, B. **41** (1908), 2226.
130. Neubauer, J. pr. **62** (1854), 193; Scheibler, B. **1** (1870), 58, **6** (1875), 612.
131. O'Sullivan, Chem. News **48** (1882), 301, **61** (1890), 23, Soc. (1884) I, 41, (1891) I, 1029, Ch. Z. (1890) I, 316 u. 584, (1892) I, 137.
132. l. c.; vgl. Löwenthal, Jahresber. ü. d. Fortschr. d. Chem. u. Pharm. (1853) 582 u. Schmidt, A. **51** (1844), 33.
133. O'Sullivan[131]).
134. Hydrolyse der Gummen: Scheibler, B. **1** (1870), 58; **6** (1875), 612. Kiliani, ebenda **13** (1880), 2304; **15**, S. 34. Claësson, ebenda **14** (1881), 1270. Herzfeld, Zeitschr. d. Ver. f. Rübenzucker-Ind. d. d. R. XLI, 667. Guichard, Bl. XIX (1873), 9; Hauers u. Tollens, B. **36** (1903), 3306. Angaben über die hydrolytische Spaltung einzelner Gummisorten bei A. Hilger u. W. E. Dreyfuß, B. **33** (1900), 1178; Widtsoe u. Tollens, ebenda **33** (1900), 132; P. Lameland, Journ. Pharm. Chim. (6) **21** (1905), 289 u. ebenda 443; R. Huerre, ebenda (6) **27** (1908), 561; Meininger, Arch. d. Pharm. **248** (1910), 171; Euler u. Fodor, H. **72** (1911), 339; W. Schirmer, Arch. d. Pharm. **250** (1912), 230; A. Gérard, Bull. Soc. Pharmacol. **18**, 148.
135. Wheeler u. Tollens, B. **22** (1889), 1046. Allen u. Tollens, A. **260** (1890), 289. Wheeler u. Tollens, Zeitschr. d. Ver. f. Rübenzucker-Ind. d. d. R. **39**, S. 848.
136. Reichl, Dingl. **235** (1880), 232. Reinitzer, H. **14** (1890), 453.
137. Günther u. Tollens, B. **23** (1890), 175. de Chalmot u. Tollens, ebenda **24**, S. 695. Stone, ebenda **24** (1891), 3019. Günther, de Chalmot u. Tollens,

ebenda **24**, S. 3575. Mann, Krüger u. Tollens, Z. angew. Chem. (1896), 1; vgl. auch Flint u. Tollens, Landw. Vers.-St. **42**, 381. Hotter, Ch.-Ztg. (1893), 1743. Councler, ebenda (1894), Nr. 51. Welbel u. Zeisel, M. (1895), 283. Kröber, Journ. f. Landw. **48** (1900), 357. Votoček, B. **30** (1897), 1195; Tollens u. Mayer, Journ. f. Landw. **55** (1907), 268.

138. Kiliani, Ber. Chem. Ges. **15** (1879), 34; Landw. Vers.-St. **29**, 416.
139. Ann. **121** (1862), 56.
140. Chem. News **59** (1889), 277, vgl. Sabanejeff, Z. physik. Chem. **9** (1892), 89.
141. Chem. News **40** (1879), 46.
142. Ber. Chem. Ges. **25**, Ref. (1892), 493 u. 799.
143. Bl. (3) **7**, 625.
144. Sachse, Photochem. Unters. Leipzig (1880). (Martin.)
145. Bl. (3) **11**, 595.
146. Henriot, Chem.-Ztg. **19** (1895), 456.
147. Wilsoe u. Tollens, B. **33** (1900), 132.
148. B. **33** (1900), 1178; vgl. Tollens, ebenda **34** (1904), 1470.
149. Proceedings Chem. Soc. **17** (1901), 156.
150. Pharm. Zentral-H. **46** (1905), 501; A. B. Stevens, Am. Journ. Pharm. **77** (1905), 255.
151. Göttling, Bull. de Pharm. **1** (1809), 220; Boulay, ebenda **1**, 225; Schönbein, Journ. f. Chem. **55** (1868), 198.
152. Struve, Ann. Chem. Pharm. **163** (1872), 162; Clermont und Chanton, C. R. **95** (1882), 1254.
153. E. Bourquelot, Journ. Pharm. Chim. (6) **19** (1904), 473; bezüglich Umwandlung von Morphin in Oxymorphin vgl. R. Firbas, Pharm. Post. **38** (1906), 374.
154. Journ. f. prakt. Chem. **106** (1869).
155. J. Wiesner, Über das Gummiferment; Sitzber. K. Akad. d. W. Wien, mathem.-naturwissensch. Kl. **92** (1885), I, 40.
156. Die stärkeumbildenden Fermente. Leipzig 1878.
157. Zeitschr. f. physiol. Chem. **61** (1909), 358. An diese Abhandlung lehnt sich vorliegende Darstellung vielfach an. Daselbst auch eine erschöpfende Zusammenstellung der Literatur über die Gummi-Enzyme.
158. Yoshida, J. Chem. Soc. **43** (1883), 472; Bertrand, C. R. **118** (1894), 1215 und **120** (1895) 268; A. B. Stevens und J. E. Warren, Amer. Journ. Pharm. **79** (1907), 499.
159. R. Huerre, J. Pharm. et Chim. (6) **27** (1908), 561.
160. Zeitschr. physiol. Chem. **16** (1892), 340.
161. Grüß, Festschr. f. Schwendener (1899), 187; vgl. Raciborski, Ber. bot. Ges. **16** (1898), 56.
162. Zeitschr. f. physiol. Chem. **14** (1890), 453.
163. Bull. Soc. Chim. Paris (3) **9** (1893), 45.
164. Wiesner-Festschrift (1908), 253; Zeitschr. f. physiol. Chem. **63** (1909), 106.
165. Amer. Journ. Pharm. **79** (1907), 499.
166. Zeitschr. f. physiol. Chem. **61** (1909), 352 und **64** (1910), 164.
167. Bl. Science Pharmacol. **15** (1908), 304.
168. Ber. Chem. Ges. **14**, 1270.
169. Journ. Pharm. Chim. (6) **21** (1905), 443.
170. Arch. Pharm. **248** (1910), 174.
171. Beilstein, Handb. d. organ. Chem. u. E. O. v. Lippmann, Chemie der Zuckerarten.

S. Zeisel.

172. Cat. des Col. fr. (1867), 73; Henkel, Die Naturprod. u. Industrieerzeugn. im Welthandel, Erlangen (1868), 294; Cooke[14]), 10 ff.; Watt, Dict. Econ. Prod. India I, Calcutta (1889), 495.
173. Henkel[172]), 294.
174. J. Pharm. et Chim. (1905).
175. Symes, Notes on Braz. Drugs. Yearb. of Pharm. (1882); Pharm. J. and Trans. XVIII (1888); Kew Bulletin (1888).
176. Muspratts Chemie II, 1555.
177. Der Pflanzer, I (1905); Bot. Jahresb. (1905).
178. Pharm. J. and Trans. (1892).
179. Ernst, La expos. de Venezuela, Caracas (1886), 257; Z. f. Nahrungsmittelunters. (1894).
180. Ebenda 258.
181. Tropenpflanzer **15** (1911), 219.
182. The London Journ. of Bot., I, 257.
183. Taubert in Engler-Prantls Pflanzenfam., III, 3; Dragendorff[21]), 288; Wehmer[122]), 308.
184. Miquel, Sumatra, Deutsche Ausg., Amsterdam u. Utrecht (1862), 89.
185. Pharm. J. and Trans. **18** (1888).
186. Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl. (1891), 15.
187. Rev. farm. Buenos Aires (1904).
188. Rev. des cultures colon. **14** (1904).
189. Tropenpflanzer **6** (1902), 204.
190. Ber. Pharm. Ges. (1902), 211.
191. J. de Pharm. **82**, 153.
192. Ernst[27]), 257.
193. Grupe, Z. f. Nahrungsmittelunters. (1894).
194. Cooke[14]), 12.
195. Thunberg, Flora japon., 180; Cat. Col. franç. 75.
196. Cooke[14]), 19.
197. Pharm. J. and Trans. (1890).
198. Bull. soc. pharm. (1911).
199. Beckurts, Jahresbericht (1911).
200. C. R. (1903).
201. s.[21]), 394.
202. Kosteletzky, Med.-pharm. Flora, 1997; Cat. des Col. fr. 75.
203. Miquel, Flora v. Nederl. Indië (1859), I, 8.
204. Rheede, Hortus malabaricus, I, 50.
205. Kosteletzky[202]), 1234.
206. Prebble[85]), **19** (1892), 683.
207. Watt[121]), **V** (1891), 452.
208. J. Pharm. et Chim. **25** (1904).
209. Roxburgh, Flora indica, London (1832), II, 249.
210. Miquel[203]), I, 2, S. 622.
211. Watt[121]), **V**, 445.
212. Blume, Mus. bot. Lugd.-Batavorum, 206.

213. Tropenpfl. **15** (1911), 218.
214. Kosteletzky[202]), 1239.
215. Macfayden, Flora of Jamaica, London (1837), 225.
216. Wehmer[122]), 452.
217. Cat. des Col. fr. 74.
218. Tropenpfl. **15** (1911), 218.
219. Watt[121]), **III** (1890), 263.
220. Wiesner im off. österr. Ausst.-Bericht über die Pariser Ausstellung (1867), V, 497.
221. Roxburgh, Plants of the coast of Coromandel, London (1816), I, 25.
222. C. R. **125** (1897), 725.
223. Rev. des cultures coloniales (1898), Nr. 8.
224. Repert. de Pharm., Paris, Jan. u. Febr. 1899.
225. Cat. des Col. fr. 74.
226. Journ. Pharm. **20**, 525.
227. Schacht, Lehrb. d. physiol. Bot., II, 558.
228. Ernst[27]), 257.
229. Z. österr. Apoth. Ver. (1877), 113.
230. Ernst[27]), 258.
231. Pharm. J. and Trans. (1892), 442.
232. Watt[121]), **I**, 256.
233. Dymock, Vegetable Materia of Western India (1885), 278.
234. Pharmacographia indica I (1890), 544.
235. Tropenpflanzer **15** (1911), 219.
236. Bull. Kew Gard. (1910).
237. Tropenpfl. **15** (1911), 220.
238. Landerer in Büchners Repertorium (1874), 437.
239. H. Karsten, Med. pharm. Botanik (1883), 1105.
240. Kew Bull. (1906), 109.
241. Chemist and Drugist (1880).
242. Ann. Pharm. **51**.

W. von Brehmer.

Harze und Balsame.

(H. Wolff.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
A. Allgemeiner Teil	1023
I. Charakteristik	1023
II. Die Entstehung der Harze in den Geweben	1024
III. Der Begriff Harz	1026
IV. Einteilung der Harze und Balsame	1026
V. Isolierung und Untersuchung	1028
B. Besonderer Teil	1029
1. Akaroid	1029
2. Anacardiaceen	1032
3. Araliaceen	1032
4. Araucariaharze	1032
5. Ammoniakum	1032
6. Asa foetida	1034
7. Benzoe	1035
8. Bernstein	1038
9. Betulaceen	1040
10. Burseraceen	1040
11. Caprifoliaceen	1041
12. Cistaceen	1041
13. Convolvulaceen	1041
14. Dammar	1041
15. Dipterocarpaceen	1043
16. Drachenblut	1044
17. Elemiharze	1045
18. Euphorbiaceen	1049
19. Galbanum	1050
20. Guajak	1051
21. Gummigutt	1052
22. Gummilack (Schellack)	1055
23. Gurjunbalsam	1057
24. Guttiferen	1058
25. Jalappe	1058
26. Japanlack	1060
27. Kanadabalsam	1062
28. Kompositenharze	1062
29. Kopaivabalsam	1062
30. Kopale	1064
31. Lactucarium	1074
32. Mastix	1074
33. Mekkabalsam	1077
34. Mimosaceen	1078
35. Myrrha	1078
36. Myrtaceen	1079
37. Opoponax	1079
38. Papilionaceen	1080
39. Perubalsam	1080
40. Pittosporaceen	1082
41. Rubiaceen	1082
42. Sandarak	1082
43. Scammonium	1084
44. Storax	1084
45. Styraceen	1086
46. Tacamahac	1086
47. Terpentine und Kolophonium	1087
48. Thapsiaharz	1095
49. Tolubalsam	1096
50. Umbelliferen	1097
51. Weihrauch	1097
52. Zygophyllaceen	1098
C. Löslichkeitstabelle der wichtigsten Balsame und Harze	1098
D. Literatur	1101

A. Allgemeiner Teil.

I. Charakteristik. Alle natürlichen Harze sind pflanzlichen Ursprungs. Sie sind Absonderungsprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels, Exkrete.

Exkret und Sekret. Die Begriffe sind nicht immer scharf zu trennen. Die Harze bezeichnet man richtig als Exkrete. Die Unterschiede erklärt treffend A. Onken (1): Es erscheint am zweckmäßigsten, anlehnend an die Zieglersche und Stahlsche Gebrauchsweise die Unterscheidung in physiologisch-ökologischer Beziehung zu treffen, derart, daß die dem direkten Stoffwechsel auf mehr oder weniger lange Zeit entzogenen, im Organismus verbleibenden, ernährungsphysiologisch noch verwertbaren und gegebenenfalls wieder in den Stoffwechsel eintretenden Stoffe als Sekrete bezeichnet werden, demgegenüber die im Pflanzenkörper abgelagerten oder nach außen beförderten Stoffe, die zwar ernährungsphysiologisch bedeutungslos, ökologisch jedoch für die Pflanzen wichtig sind, oder doch sein können, Exkrete genannt werden.

Die Harze sind weder in ihrer Entstehung, noch in ihrer physiologischen Wirkung, noch in ihrer Chemie bisher auch nur einigermaßen erschöpfend erforscht. Hinsichtlich der Entstehung kann gesagt werden, daß sie wie die Pflanzensäuren, Glukoside, Farbstoffe, Gerbstoffe, Gummiharze usw. aus den Assimilaten gebildet werden und daß sie Nebenprodukte des pflanzlichen Stoffwechsels sind (s. auch unten).

Die physiologische Bedeutung der Harze liegt darin, daß sie Wundverschlüsse bilden. Die Harzausscheidung aus den Knospenschuppen macht diese zu wirk-

samen Schutzorganen der Knospen gegen Austrocknen. Die Harze sind fäulniswidrig. Ferner spielen harzartige Stoffe auch eine Rolle bei notwendigem Abschluß von Gefäßen, um diese von der Saftleitung abzuschließen. Sicherlich ist mit den genannten Erscheinungen die Bedeutung der Harze in physiologischer Hinsicht nicht erschöpft.

Am wenigsten aber ist die Chemie der Harze geklärt, und zwar sowohl was die Bildung der Harze, d. h. die chemischen Umsetzungen bei der Entstehung im Pflanzenkörper und bei dem Austritt aus ihm, als auch die endgültige chemische Zusammensetzung anbelangt. Das nächste Kapitel wird das Prinzipielle, heute Bekannte der Harzchemie darstellen, während Einzelheiten bei der Beschreibung der einzelnen Harze Platz finden.

II. Die Entstehung der Harze in den Geweben. Nach Tschirch (2) erfolgt die Bildung des Harzbalsams für gewöhnlich in schizogenen oder schizolysigenen Sekretbehältern, und zwar in einer besonderen sekretogenen (resinogenen) Schicht, die aus einer aus der Interzellularsubstanz hervorgehenden Membranschicht besteht, die den Interzellularkanal auskleidet. Die sezernierenden Zellen scheiden in diese Schicht nur die sekretogenen Muttersubstanzen ab, die in der sekretogenen Schicht zum Sekret verarbeitet werden. Hier leistet also eine mit dem Plasmaleib der Zelle nicht in Verbindung stehende Membranpartie chemische Arbeit. Ihre Struktur gleicht aber insofern der des Plasmas, als auch bei ihr Wabenstruktur zu beachten ist.

Die Entstehung der Harze in den Geweben bildet einen verwickelten Gegenstand. — Wiesner betont mit Recht, daß die sehr komplizierte Zusammensetzung der Harze darauf hindeutet, daß ihre Entstehung im Innern nicht immer in der gleichen Weise erfolgte. — Die Hauptfragen, die hinsichtlich der Entstehung der Harze aufgeworfen wurden, lauten:

Vermag die Harzlösung wasserhaltige (imbibierte) Membran zu durchdringen? Und: Bildet sich das Harz im Innern der Zelle mit Hilfe des Plasmas oder in einer harzbildenden Schicht der Membran (der resinogenen Schicht Tschirchs) getrennt vom Plasma?

Tschirch glaubt also nachgewiesen zu haben, daß die Harzlösungen die Membran nicht durchdringen können und stellt die obige Theorie der Harzbildung in der resinogenen Schicht der Membran auf.

Dem widersprechen namhafte Autoren wie H. Meyer (3), der angibt, daß die »wesentlich ergastische Membran« wahrscheinlich nicht die Fähigkeit besitzt, Harz und ätherische Öle zu bilden.

Wohl aber dürfte die Auffassung zulässig sein, daß die Harze und andere Exkrete im Innern der Zellen entstehen, dann an die Wand befördert werden, und daß in der resinogenen Schicht eine Ablagerung und Zunahme der Harzmasse stattfindet.

Sicher ist, daß bei der Harzbildung tiefgreifende Umwandlungen und Vermehrung der Gewebe vor sich gehen können. Wigand, Wiesner, Moeller haben die Tatsache festgestellt, daß ganze Partien von Pflanzengeweben bei der Harzbildung vollkommen verschwinden, so daß keine Spur von Zellulose in dem neuen Produkt mehr vorhanden ist.

Jedenfalls sind die Exkretbehälter, in denen sich die Harze ansammeln, schizogener Natur und können sich gegebenenfalls durch Auflösung der benachbarten Zellen und Gewebe lysigen erweitern. Diese Exkretbehälter sind mit einer Schicht dünnwandiger, großkerniger und plasmareicher Epithelzellen ausgekleidet. Die Wände dieser Zellen bilden die schleimigen Quellschichten, in denen das Harz sich bildet bzw. von wo es in die Harzkanäle übertritt (4).

Die sekretogene Schicht ist in einer Phase ihrer Entwicklung stets als Koryzomembran, d. h. als eine weiche quellbare Schleimmebran vorhanden, die nach Entfernung des Sekretes beliebig oft zum Quellen oder Kontrahieren gebracht werden kann. In den Fällen, wo sie lange weich bis quellbar bleibt, fließt sie beim Anschneiden des Organs mit aus und mischt sich dem Sekret bei. Alsdann tritt das Sekret als Gummiharz (Asa foetida, Galbanum, Ammoniacum, Gummigutt, Japanlack) auf. Nimmt sie jedoch frühzeitig eine derbe Beschaffenheit an oder

geht gar zum Teil zugrunde, so fließt das Sekret als gummifreier Balsam aus (Coniferenterpentine).

Es handelt sich bei der harzbildenden Membranschicht unzweifelhaft um eine kolloide Substanz, in der wahrscheinlich komplex gebundenes Mangan und Kalium sich finden. Wiesner (5), Tschirch (6) u. a. haben als Begleiter von Gummi Enzyme nachgewiesen. Danach vermutet Tschirch auch bei der Harzbildung Enzyme und sagt:

»In der resinogenen Schicht vollziehen sich offenbar unter der Entwicklung von Enzymen sehr energische aufbauende Reaktionen.«

In vielen Fällen sind die Exkretbehälter in der unverletzten Pflanze schon vorhanden. In anderen Fällen aber werden neben primär schon vorhandenen noch sekundäre Exkretbehälter erst nach Verletzungen gebildet, z. B. bei den Coniferen; endlich werden, wie bei Styrax- und Copaivaarten die Exkretbehälter überhaupt erst nach Verwundung gebildet, sind also rein pathologischer Art.

Demgemäß unterscheidet Tschirch auch »physiologische« und »pathologische« Harze. Meistens findet sich kein prinzipieller Unterschied bei den Harzen des sekundären und primären Harzflusses, doch kommt es auch vor, wie bei *Myroxolon Pereirae*, daß das nach Verwundungen entstehende Exkret anders zusammengesetzt ist als das primäre Harz.

Die Entstehung der Harze, die in den schizogenen, schizolysigenen und selten auch in lysigenen Behältern vorkommen, auch in Milchröhren, faßt Tschirch unter dem Namen »endogen« zusammen. Die Exkrete der Drüsenhaare (die keine besondere Rolle spielen) werden von ihm als »exogen« bezeichnet.

Die Harze verlassen den Körper der Pflanze stets in flüssiger Form. Einige erstarren dann sehr schnell, sei es durch Verdunstung flüchtiger Bestandteile, sei es durch chemische Umwandlung (z. B. Polymerisation und Oxydation), wohl auch durch reine Kolloidvorgänge. Diese sind die im engeren Sinne als Harz bezeichneten Produkte. Die lange flüssig oder plastischweich bleibenden Produkte faßt man gewöhnlich unter dem Namen »Balsame« zusammen. Endlich bezeichnet man die mit Pflanzengummi gemischten Exkrete (s. oben) als »Gummiharze«.

Die Menge des bei einer Verwundung austretenden Harzes ist, abgesehen von dem Verdünnunggrade und der Viskosität der Balsame, abhängig von der Länge und der Zahl der durch den Verwundungsschnitt getroffenen Sekretbehälter. Daher liefern Organe, welche nur Sekretzellen oder kurze, rundliche oder ovale Sekretbehälter enthalten, keine oder nur geringe Mengen Sekret, solche dagegen, welche lange Sekretschläuche oder Harzkanäle führen, reichliche Mengen und am meisten die, bei denen das Kanalsystem infolge vieler Anastomosen so reich verzweigt ist, daß bei einer Verwundung nicht nur der Inhalt einer oder einiger weniger Sekretschläuche ausfließt, die gerade vom Schnitt getroffen wurden, sondern der Inhalt eines großen Systems. Der Sekreterguß, der beim direkten Verwunden, unmittelbar nachdem die Wunde angebracht wurde, erfolgt, ist von Tschirch als primärer Harzfluß bezeichnet worden.

Nur ein Balsamtropfen tritt bei der Edeltanne (*Abies pectinata*) und der Balsamtanne (*Abies balsamea*) aus, wenn man die Balsambeulen der Rinde mit dem »Kämel« ansticht, um z. B. den Canadabalsam zu gewinnen.

Nur ein rasch am Baume erhärtender Tropfen tritt beim Mastixbaum (*Pistacia lentiscus*) aus, ein kleiner Stalaktit entsteht beim Sandaracbaum (*Callitris quadrivalvis*). Reichlicher schon ist der Austritt bei *Euphorbia resinifera*, wo das ausscheidende, ungegliederten Milchröhren entstammende Sekret die Blütenstiele und Stacheln der Pflanze überflutet und darauf, sie einschließend, erhärtet; reichlich tritt auch das in langen schizogenen Behältern enthaltene Sekret der Gummiguttpflanze aus, am reichlichsten aber ist der Austritt bei allen eigentlichen Milchsaftpflanzen, zu denen die den Kautschuk und die Guttapercha liefernden, auch viele Papaveraceen, gehören. Denn hier fließt das Sekret eines ganzen Systems aus, auch wenn nur ein Ast getroffen wurde; das gleiche findet bei der Copaivabalsampflanze statt, deren Sekretbehälter im Holze ebenfalls reichlich anastomosieren, so daß beim Anbohren der Balsam oft literweise austritt.

Eine sehr bemerkenswerte Erscheinung ist die, daß bei einigen Pflanzen, die normal niemals im Holze Sekretbehälter enthalten, solche nach tiefgreifenden Verletzungen im Neuholz entstehen. Dies finden wir z. B. bei den Styrax liefernden Bäumen (*Liquidambar orientale* und *styraciflua*), den Elemi liefernden Canariumarten, den Peru- und Tolubalsambäumen, den Benzoe liefernden Styraxarten und der Tanne. Bei allen diesen entsteht erst nach mehr oder weniger tiefgreifenden Verletzungen in dem keine Sekretbehälter führenden Holzkörper ein System von Sekretbehältern, das seinen Inhalt über die Wunde ergießt.

III. Der Begriff Harz. Der Begriff »Harz« ist außerordentlich schwer zu definieren, und zwar deshalb, weil unter Harzen chemisch durchaus verschiedene Substanzen verstanden werden; wenn auch vielfach zwischen einzelnen Harzarten enge chemische Beziehungen bestehen. Auch in der äußeren Beschaffenheit finden wir bedeutende Verschiedenheiten. So gibt es Harze, die vollständig amorph sind und solche, die mehr oder weniger kristallinische Bestandteile aufweisen, so daß auch dieses Moment nicht einer Definition des Begriffes »Harz« dienen kann. Ebensowenig ist die Löslichkeit, die Härte usw. der Harze gleichartig. Alle Versuche, diese Eigenschaften zu definieren, schlagen fehl und sind nur Scheindefinitionen, da übersehen wird, daß die Definitionen ebenso gut auf andere Stoffe, die keinesfalls zu den Harzen zu rechnen sind, in gleichem Grade zutreffen können. Als einziges Band, das die Harze vereinigen läßt, ist nicht eine Eigenschaft, sondern die Herkunft bzw. Entstehung der Harze zu verwenden:

Alle Harze sind Stoffwechselprodukte von Pflanzen. Es gibt nur eine einzige Ausnahme und diese ist, wie wir sehen werden, der Stocklack, der ein tierisches Produkt darstellt, und es wird sich zeigen, daß dieser Stocklack in jeder Beziehung so verschieden von den übrigen Harzen ist, daß man ihn füglich außerhalb dieser Klasse setzen sollte, und daß man ihn nur aus Gewohnheit innerhalb dieser Klasse belassen wird.

Wir unterscheiden ferner rezente Harze, d. h. solche Harze, die zurzeit in der Pflanze gebildet und von den Bäumen selbst gewonnen werden, von rezent fossilen oder Fossilharzen, d. h. solchen, die bereits seit langem erhärtet, von der oft Jahrtausende zugrundegegangene Pflanzen entfernt, durch Graben zutage gefördert werden. Die rezenten Harze treten ausnahmslos als Balsam auf, d. h. eben in flüssiger Form, und zwar fast ausnahmslos als Lösungen fester Bestandteile in ätherischen Ölen.

Als Ausnahme ist hier das Guajakharz zu nennen, das sich bereits in der Pflanze, und zwar im Holze, als fester Bestandteil findet und daher auch eine andere Gewinnungsart erfordert als die übrigen Balsame oder Harze.

Die Harze und Balsame treten zwar bisweilen freiwillig aus und bedecken dann die betreffenden Pflanzenteile in kleinen Tröpfchen; seltener findet sich freiwilliger umfangreicher Harzfluß. Zur Gewinnung werden den Pflanzen stets Verwundungen beigebracht, um das vorhandene Harz reichlicher austreten zu lassen und vor allem auch die Harzbildung zu vergrößern.

IV. Einteilung der Harze und Balsame. Die Art der Bildung und Gewinnung des Harzflusses wollen wir bei den einzelnen Pflanzengruppen bzw. Harzgruppen anführen. Die Einteilung der Harze wird nach verschiedenen Gesichtspunkten hin aufgestellt. Teils sind es äußere Eigenschaften, wie die Härte, nach denen man die Harze einteilt in weiche, halbharte und harte, ein Vorgehen, das weder praktisch noch wissenschaftlich gebilligt werden kann, weil die rezenten Harze vielfach ihre Konsistenz stetig ändern, so daß sie die ganze Skala der Härtegrade durchlaufen, so z. B. wenn ein ursprünglich balsamartiges Elemi schließlich erhärtet. Ein anderes und geeigneteres Einteilungsmittel bezieht sich auf die chemische Zusammensetzung der Harze, wie sie vornehmlich Tschirch weitgehend ausgebildet hat. Seinem Vorgehen wollen wir uns deshalb hier auch anschließen, zunächst aber, um diese Einteilung verständlich zu machen, kurz die wichtigsten Harzbestandteile erwähnen. — Sämtliche Harze sind Mischungen, oft von sehr zahlreichen einzelnen Komponenten, und zwar sind es im wesentlichen vier Gruppen, nämlich:

Erstens Harzsäuren (Resinosäuren nach Tschirch), und zwar sind es sowohl Mono- wie auch Dikarbonsäuren, die allerdings nur zum allergeringsten Teil chemisch völlig aufgeklärt sind.

Als zweiter Bestandteil sind die Harzalkohle, von Tschirch als »Resinole« und »Resinotannole« (s. unten) bezeichnet.

Als dritter Bestandteil sind die Harzester zu nennen, und zwar vielfach Ester von Harzsäuren (Resinosäuren mit Harzalkohol [Resinole], von Tschirch deshalb als »Resino-Resinole« bezeichnet).

Als vierter Bestandteil endlich kommt eine Klasse von Verbindungen in Frage, die oft den Hauptbestandteil des Harzes ausmachen, deren chemische Natur noch vollständig unaufgeklärt ist. Diese als »Resene« bezeichneten Verbindungen sind von außerordentlicher Widerstandsfähigkeit, sie sind in Alkali nicht löslich und gegen Alkalien und Säure außerordentlich widerstandsfähig. Sie enthalten Sauerstoff, und ihr ganzer Charakter macht es nicht unwahrscheinlich, daß es sich um hochpolymerisierte Oxyterpene handelt. Auf Grund dieser wichtigsten Bestandteile der Harze hat Tschirch das folgende System aufgestellt:

a) Resin-Retine (Resinharze oder Esterharze). (Retin nennt Tschirch den gesamten Harzkörper.)

1. Resinotannol-Retine. Unter Resinotannol versteht Tschirch diejenigen Resinole, die gerbstoffartigen Charakter haben und ähnlich wie Gerbstoffe, z. B. mit Eisensalzen vielfach Farbenreaktionen zeigen und vor allen Dingen selbst gefärbt sind. In diesen Resinotannol-Retinen sind die Resinotannole vielfach an einfachere aromatische Säuren der Benzoe- oder Zimtsäuregruppe gebunden. Hierher gehören: Benzoe-, Peru- und Tolubalsame, Akaroidharze, Palmdrachenblut, Aloeharz und die Umbelliferenharze Neuerdings nimmt Tschirch an, daß es sich hierbei nicht um primäre Produkte handelt, sondern um Oxydationsprodukte der »Resinole«, wie dies für das Resinol des Benzoeharzes, des »Lubanols« von Reichenberg wahrscheinlich gemacht ist (s. Benzoeharz).

2. Resinol-Retine. Hier sind die Harzalkohole farblos, auch sie sind meistens an eine aromatische Säure, und zwar der Zimtsäurereihe, verestert. Styrax und das Protoretin des Benzoeharzes gehört hierher.

b) Resen-Retine (Resenharze). Bei diesen ist das Resen der Haupt- oder wenigstens der charakteristische Bestandteil des Harzes. Elemiharze, der Mekkabalsam, der sogenannte weiße Perubalsam gehören hierher, sowie sämtliche Burseraceenharze, Anacardiaceenharze und Dipterokarpeenharze.

c) Resinosäure-Retine, Harze, die Harzsäuren enthalten und meistens nur aus solchen bestehen, wenn man von geringen Beimischungen, die oft nur Umwandlungsprodukte der Resinosäuren selbst sind, absieht. Hierher gehören die rezenten Koliferenharze, auch die rezentfossilen, wie Kauri-, Manila- und einige andere Kopale, darunter auch noch die Caesalpinoideenharze.

d) Resinol-Retine, d. h. Harze, die vornehmlich oder als charakteristische Bestandteile freie Harzalkohole enthalten. Hierher gehört Guayakharz.

e) Chromo-Retine, Harze, welche gefärbte Harzsubstanzen enthalten, wie Gummigut, Aliphatoretine, als deren einziger Vertreter der von den übrigen Harzen abseits stehende Stocklack zu zählen ist und endlich noch drei Gruppen von Harzen, die sich durch besondere Bestandteile auszeichnen und deren chemische Zusammensetzung von den bisher genannten Harzen vollständig abweicht. Es sind die Enzymoretine, zu denen der Japanlack, Burmalack und ähnliche gehören, die Milchsäfte darstellen, bei denen ein Enzym, und zwar eine Oxydase (Lakkase) die Erhärtung bewirkt, die Glukoretine, das sind Harze, die Zuckerester oder Zuckeräther enthalten, wie sie zu den Convolvulaceen gehören, und endlich rechnet Tschirch noch unter eine Klasse, die er als Laktoretine bezeichnet, erhärtete oder koagulierte Milchsäfte wie Guttapercha, Kautschuk und ähnliche Substanzen. Diese Klasse wollen wir hier nicht zu den Harzen rechnen, da sie, dem üblichen Brauche folgend, an anderer Stelle besprochen werden sollen. Die Berechtigung, sie als Harze aufzufassen, wird man Tschirch nicht absprechen

können, wenn wir der oben gegebenen Definition folgen wollen, daß die Harze Sekrete der Pflanzen sind, die bei Verwundung der Pflanzen als erhärtende Flüssigkeiten austreten.

V. Isolierung und Untersuchung. Zum Verständnis der in dem besonderen Teil angeführten Zusammensetzung der Harze sei kurz die Art beschrieben, in der Tschirch und seine Schüler eine große Reihe von Harzen untersucht haben.

Die Harze wurden in Äther gelöst (wobei ev. ein löslicher und ein unlöslicher Teil abgetrennt wurde). Die ätherische Lösung wurde dann erschöpfend zunächst mit verdünnter Ammonkarbonatlösung ausgezogen, dann mit Sodalösung und endlich mit Kalilauge extrahiert. Die einzelnen Extrakte wurden angesäuert und die dabei in Freiheit gesetzten Harzsäuren einer weiteren Trennung unterzogen, meist in der Weise, daß kristallisierende Anteile abgetrennt wurden, die amorphen in Alkohol gelöst und mit alkoholischem Bleiazetat versetzt wurden. So wird vielfach ein alkohollösliches und unlösliches Bleisalz gewonnen.

Die ätherlöslichen Teile enthalten ätherisches Öl, das durch Destillation, meist mit Wasserdampf abgetrieben wird, Ester, die durch Alkali in Siedehitze zerlegt werden, Harzalkohole, Resene usw. Die Harzalkohole lassen sich oft durch konzentriertes Alkali abscheiden.

Die Methodik von Tschirch hat vielfach ausgezeichnete Ergebnisse gezeitigt, jedoch auch versagt. Weder bei den kristallisierenden, noch auch — und hier noch weniger — bei den amorphen Anteilen ist die Einheitlichkeit der Fraktionen gesichert. Andererseits spricht manches dafür, daß vereinzelt verschiedene Fraktionen die gleichen Bestandteile enthalten und daß die Trennung nicht auf chemischer Verschiedenheit beruht, sondern auf der kolloiden Beschaffenheit der Harze, bei der partielle Peptisaton, Koagulation und dadurch Scheintrennungen sehr wahrscheinlich sind.

Da die Resinole z. B. oft Hydroxylgruppen stark sauren Charakters aufweisen, sind auch gelegentlich Verkennungen des chemischen Charakters vorgekommen, wie bei den »Benzoresinolen«, die sich nach neueren Untersuchungen als Karboxylgruppen enthaltend, also als wahre Säuren erwiesen haben (siehe Benzoeharz).

Untersuchung und Prüfung der Harze: Zur Untersuchung der Harze werden im allgemeinen die gleichen Methoden verwendet, wie bei der Fettanalyse. Allerdings schwanken, wie die Tabelle auf S. 1098 zeigt, die Kennzahlen in bedeutend weiteren Grenzen, als bei den Fetten.

Während bei den Fetten aber die Säurezahl und Esterzahl eindeutig definierte Begriffe sind, nämlich die Anzahl von Milligrammen Ätzkali, die von den in 1 g Fett vorhandenen freien bzw. gebundenen Säuren gebunden werden, ist dies bei den Harzen anders. Infolge der oft vorhandenen zweibasischen Säuren, die bei direkter Titration nicht beide Karboxylgruppen abzusättigen gestatten und der dabei teilweise gespaltenen Anhydride u. dgl. ist die Säurezahl kein sicheres Maß für die Menge der freien Säure und dementsprechend auch die Esterzahl keines für die Menge der Ester. Es gibt zahlreiche Harze (z. B. unter den Kopalen), die eine scheinbare Differenz zwischen Säure- und Esterzahl aufweisen, ohne Ester zu enthalten. Man bezeichnet hier die auf gleiche Weise wie bei den Fetten bestimmte Esterzahl besser als Differenzzahl (DZ). Dieterich hat die »indirekte Säurezahl« eingeführt, bei der ein Überschuß von Lauge auf die Harze einwirken gelassen und nach einiger Zeit zurücktitriert wird. Verf. kann sich wegen der stets auf das Harz eigens zuzuschneidenden Bedingungen nicht für diese Zahl erwärmen, die namentlich bei Gemischen keine zuverlässigen Resultate gibt, da z. B. leicht auch Ester gespalten werden können. Die bei den Fetten so wichtige Jodzahl spielt bei den Harzen nur eine ganz untergeordnete Rolle in einigen Fällen.

Außer den Kennzahlen, bei denen allenfalls noch auf die praktisch wohl selten ausgeführte Methylzahl hingewiesen werden soll, ist das Verhalten Lösungsmitteln gegenüber sehr wichtig, das für die wichtigsten Harze aus der Tabelle auf S. 1098 zu ersehen ist. Spezielle Hinweise sind

auch bei den einzelnen Harzen gegeben, soweit dies angebracht erschien. Die analytische Seite wurde im allgemeinen stark in den Hintergrund gerückt, da mehr als bei anderen Zweigen der Analyse hier Materialkenntnis notwendig ist und sich wichtige Eigenschaften, wie Geruch, Aussehen usw. doch kaum durch das Schrifttum übermitteln lassen. Es sei nur auf das Werk von Dieterich hingewiesen, »Die Analyse der Harze« (Berlin, Verlag Springer). Genaue Angaben über die Analyse der in der Lackfabrikation gebräuchlichen Harze finden sich auch in dem Handbuch der Lack- und Farbenfabrikation von Seeligmann-Zieke (Unionverlag, Berlin) und in dem Laboratoriumsbuch für die Farben- und Lackfabrikation von H. Wolff (Verlag Knapp, Halle a. S.) sowie im Lunge-Berl.

B. Besonderer Teil.

1. Akaroid-, Xanthorrhoeaharze. Hierher gehören alle jene Harze, die unter dem Namen Akaroidharz [Botanybaygummi, Grass-tree gum, Grasbaumgummi, Nuttharz und Erdschellack, Resina Akaroïdis, Gummi Acaraïdes] in neuerer Zeit im Handel erscheinen und eine sich fortwährend steigernde technische Verwendung finden.

Alle diese Harze stammen von einigen Asphodeloideen (einer Unterfamilie der Liliaceen), und zwar von mehreren Spezies der Gattung Xanthorrhoea.

Das Genus Xanthorrhoea umfaßt zahlreiche Spezies, welche auf das australische Festland, auf Tasmanien und einige andere australische Inseln beschränkt sind. Am häufigsten werden als Stammpflanzen der Xanthorrhoeaharze die Spezies *hastilis, arborea* und *australis* genannt. Es liefern aber zweifellos noch andere Xanthorrhoea-Arten Harze. Als sicher ist nunmehr anzunehmen, daß die kleinen Arten (z. B. *X. pumulio, X. minor, X. bracteata* und *X. gracilis*) und die stammlosen (z. B. *X. semiplana*) Harz (wenn auch kein in den Handel kommendes) produzieren (7).

Nach F. v. Mueller liefern derzeit die Spezies *hastilis, quadrangulata* und *Tateana* (der *X. australis* nahestehend, vielleicht mit ihr identisch) die größten Mengen der Xanthorrhoeaharze (8); aber *X. Preissii* produziert ein ausgezeichnetes Harz, welches wegen der außerordentlich weiten Verbreitung dieser Spezies in großen Massen zu gewinnen wäre. Außer den schon hervorgehobenen Grasbäumen ist nach dem genannten Autor noch *X. macronema* als harzliefernd zu nennen.

Die meisten Arten der Gattung Xanthorrhoea treten in den Bergwäldern Australiens auf (9), einige sind aber auf die Niederungen des Küstengebietes beschränkt.

Xanthorrhoea hastilis findet sich hauptsächlich im Küstengebiete; nirgends dringt sie weit landwärts vor. Die Grenzen des Vorkommens sind einerseits durch das Hunter-Rivergebiet, andererseits durch die Gegend von Lake Burill gegeben. — *X. australis* reicht von Gippsland bis zu der südöstlichen Grenze von Südaustralien, kommt auch in Tasmanien und auf der Flinders-Insel vor. *X. arborea* begleitet *X. hastilis* in Neusüdwales, findet sich aber auch in Queensland. *X. quadrangulata* lebt in Südaustralien in höheren Gebirgslagen, besonders auf den Gebirgen des Barossa und des Mt. Lofty Range. *X. Tateana* findet sich auf der Känguruhinsel vor. *X. Preissii* in sehr großen Mengen in Westaustralien. *X. macronema* ist auf den nordöstlichen Teil von Neusüdwales beschränkt.

Ob das Harz jeder der genannten Spezies ein spezifisches Gepräge trägt und welche Eigenschaften den einzelnen Xanthorrhoeaharzen, je nach ihrer Abstammung, zukommen, läßt sich noch nicht sagen, da eine eingehende Untersuchung hierüber noch nicht angestellt wurde. Man unterscheidet im Handel nur zwei Sorten dieser Harze, das rote und das gelbe Xanthorrhoeaharz bzw. Akaroidharz.

Entstehung der Xanthorrhoeaharze: Entgegen den früheren Anschauungen von Wigand (10) und Wiesner (11), die die Entstehung aber im Prinzip richtig erkannten, ist der Prozeß der Harzentstehung nach Schober (12) und Tschirch (13) recht kompliziert.

Nach Tschirch und Weber (13) sind ursprünglich in der Stammpflanze keine Sekretbehälter vorhanden. Die

Sekretbildung beginnt in dem Zellinhalte von Stamm-Parenchymzellen und schreitet unter Auflösung benachbarter Zellen immer weiter fort. Es entstehen so schon makroskopisch sichtbare rote sekreterfüllte Räume, die ihren Inhalt nach außen abgeben, so daß die Blattbasen häufig von einer Harzschicht überzogen sind, obwohl sie an der Harzbildung nicht oder höchstens nur in geringem Maße beteiligt sind. Nach Svendsen (14) ist das primäre Produkt der zur Harzbildung führenden chemischen Umwandlungen

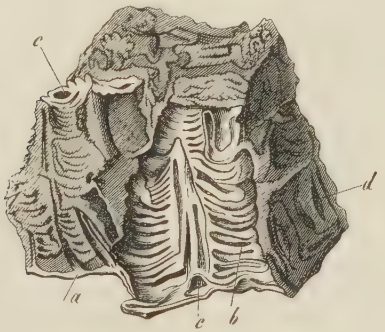


Abb. 1.
Rotes Akaroidharz aus Australien. *a* Unterste, oxalsauren Kalk führende Gewebeschichten; *b* verharzte Gewebeschichten; *c* verharzte Gewebestränge; *d* homogen erscheinendes Harz. Natürliche Größe.

Bassorin oder eine ihm ähnliche Verbindung.

Der Befund von Laugier (15) von Bassorin in Akaroidharzen würde bei Bestätigung die Svendsensche Ansicht stützen.

Äußere Beschaffenheit:

a) Rotes Akaroidharz (von *Xanthorrhoea australis* und *X. arborea* und der mit ersterer nahe verwandten, vielleicht identischen *X. Tateana*) stellt kleine rotbraune bis fast braune Stücke oder Klumpen (16) dar, an denen man noch die Entstehung aus den Geweben sehen kann, da sich Zellreste aller Art, sowie auch verharzte Stellen finden, die noch die ursprüngliche Gewebsstruktur erkennen lassen (s. Abb. 1 u. 2). Die Stücke sind äußerlich matt und oft unansehnlich und zeigen einen braunen bis grauen Staubbelag. Der Bruch ist glänzend. In dünnen Splittern ist das Harz durchscheinend tiefrot; mikroskopisch kleine Splitter erscheinen goldgelb bis blaßgelb.

Die besten Sorten zeigen bisweilen Partien einer meistens heller erscheinenden Masse, die auch in etwas dickeren Splittern noch durchscheinend ist und keinerlei Struktur zeigt. Bei Harzen von *Xanthorrhoea arborea* sind diese völlig ver-

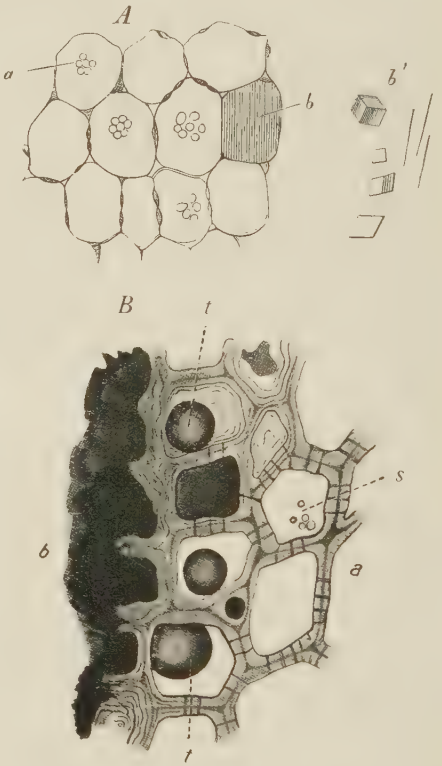


Abb. 2.
Gewebsreste aus dem roten Akaroidharz. *A* Stärke und oxalsauren Kalk führendes Gewebe von der flachen Unterseite des Harzes, mit der letzteres dem Stamme auflag. *a* Stärkekörnchen; *b b'* Kristalle von oxalsaurem Kalk; *B* Harzsplitter, mit Alkohol behandelt; *a* in Verharzung begriffene Steinzellen; *b* völlig verharztes Gewebe; *s* Stärkekörner; *t* Harztropfen. Vergrößerung 200 mal.

harzten Teile isotrop, bei solchen von *X. australis* enthalten diese Partien doppelbrechende Substanzen.

b) Gelbes Akaroidharz, von *X. hastilis*, bildet Stücke von gelber bis lederbrauner Farbe. Alle Harze werden beim Aufbewahren dunkler und rötlicher, so daß ältere Stücke oft eine tief rotbraune Schicht aufweisen und äußerlich kaum vom roten Harze zu unterscheiden sind. Das gelbe Harz enthält stets mehr oder weniger Einbettungen von »Mandeln«, Teilen, die fast weiß erscheinen

und die Größe von Hirsekörnern bis zu Haselnüssen haben. Die Mandeln sind bedeutend härter als die Grundmasse. Mit bloßem Auge oder bei schwacher Vergrößerung sind Gewebeteile wie bei dem roten Harz nicht zu erkennen, oder doch nur selten. Dagegen finden sich bei mikroskopischer Betrachtung faserförmige oder parenchymatische Zellen, die aber bereits stark denaturiert sind und nach Behandlung mit Alkohol als unkenntliche Massen zurückbleiben. Dabei zeigen sich aber meist Kristalle von oxalsaurem Kalk. Im Polarisationsmikroskop sind doppelt lichtbrechende Teile zu sehen, und zwar sowohl amorphe, wie auch kristallisierte (wahrscheinlich Parakumarsäure).

Ein von Hildebrand untersuchtes Harz von *X. Preissii,* das Parakumarsäure und Zimtsäure enthielt, änderte seine Farbe an der Luft und am Licht in Braunrot um.

Chemische Zusammensetzung: Eingehende Studien von Tschirch und Hildebrand (17) ergaben folgende Zusammensetzung der Akaroide:

	rotes Akaroidharz	gelbes Akaroidharz
Freie Parakumarsäure .	1%	4%
Freie Zimtsäure . . .	—	0,5%
An Tannol gebundene Parakumar- und wenig Benzoesäure . . .	2%	7%
An Tannol gebundene Zimtsäure	—	0,6%
Erythroresinotannol, vorwiegend an Parakumarsäure gebunden . .	85%	—
Xanthoresinotannol, vorwiegend an Parakumarsäure gebunden . .	—	80%

Im roten Harz wurde auch das Vorhandensein geringer Mengen des schon von Bamberger (18) gefundenen Paraoxybenzaldehyds $C_6H_4(OH)(CHO)$ bestätigt (0,6 %). Dieser Aldehyd findet sich ebenfalls im gelben Harz, außerdem Styrazin $C_6H_5CH = CH \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH = CH \cdot C_6H_5$ und Zimtsäurephenylpropylester.

Das gelbe Harz enthält auch eine geringe Menge eines ätherischen Öles, das nach den Berichten der Fa. Schimmel & Co. die Dichte 0,937 (15°) zeigte und optisch aktiv war = —3° 14′; es enthielt sowohl freie, wie gebundene Zimtsäure. Nach Verseifung siedete es zwischen 145 und 240°. Die erste Fraktion 145—150° enthielt Styrol.

Das Resinotannol gibt mit Eisenchlorid eine tiefbraune Färbung, so daß man diese Reaktion zum Nachweis des Akaroides benutzen kann. Man führt sie am besten aus, indem man zu einer verdünnten alkoholischen Lösung des Harzes eine alkoholische Eisenchloridlösung gibt. Die Reaktion ist nicht spezifisch, so daß nur das Ausbleiben sicher für das Fehlen von Akaroidharz in einem Harzgemisch spricht.

Von allen Harzen hat Akaroid die größte Löslichkeit auch in verdünntem Alkohol. Eine alkoholische Lösung des Harzes (25%ig) gibt nach Wolff (19) erst mit der 0,4—0,5 fachen Wassermenge, bei rotem Akaroid erst bei 0,55 bis 0,67 fachen Menge eine deutliche Fällung. Alle übrigen Harze fallen schon bei wesentlich geringeren Wasserzusätzen (z. B. Schellack bei der 0,25 fachen Menge, Kopal schon bei 0,04 fachen usw.).

Verwendung: Das rote Harz bildet den Hauptartikel, da das gelbe immer weniger in den Handel kommt und auch schon früher den kleineren Teil der Akaroidharze ausmachte. Es wird vor allem in der Fabrikation von Spritlacken verwendet. Es gibt Lacke, die einen sehr schönen Glanz haben, indessen ist die Elastizität wesentlich geringer als die der Schellacklacke. Auch ist durch die Eigenfarbe, die zu entfernen bisher nicht gelang, die Anwendung beschränkt. Die Lacke aus rotem Akaroidharz können, da das durchgelassene Licht chemisch inaktiv ist, als Dunkelfensterlacke (Photographie) verwendet werden. In Amerika werden die Lösungen in Alkalien als Papierleim benutzt. Die Anwendung in der Siegellackfabrikation dürfte nicht bedeutend sein, da es nicht für sich allein verwendet werden kann, infolge des Ausstoßens stark riechender Dämpfe und Blasenwerfens beim Schmelzen.

Geschichtliches: Die Xanthorrhoeaharze sind typisch moderne Handelsstoffe. Obwohl sie zwar schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts erwähnt werden, datiert ihre Verwendung erst aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Wie so oft bei dieser Klasse von Naturprodukten wurde zunächst die Verwendung als Medikament (im 18. Jahrhundert

in England als »Magenarznei«) ins Auge gefaßt, die aber jetzt völlig verlassen ist. Die Stammpflanze und das Harz wurden damals mehrfach beschrieben (20). In Deutschland berichtete zuerst Lichtenstein (21) über diese Harze. Genauer bekannt wurden sie dann durch Untersuchungen von Widmann 1825, Geiger 1839, Stenhouse 1846. In den sechziger Jahren war das Harz auf dem Kontinent schon viel verbreitet und erhielt die verschiedensten Lokalbezeichnungen (z. B. in Wien »Erdschellack«). In Amerika führte es sich in größerem Maße erst in den achtziger Jahren ein, nachdem es anfangs nur schwer Fuß fassen konnte (22). Stenhouse hatte das Harz als Rohstoff für die Gewinnung von Pikrinsäure durch Oxydation mit Salpetersäure vorgeschlagen. Die Pikrinsäure entsteht dabei nach Tschirch und Hildebrand (a. a. O.) aus dem Resinotannol.

2. **Anacardiaceenharze.** Über die Pistacia siehe *Mastix*. *Pistacia mutica* Fisch et Mey, liefert ein nicht im Handel vorkommendes, in Persien als Kauharz benutztes Harz (23). *Pistacia terebinthus* L. gab den früher häufig unter dem Namen cyprischer oder chiotischer Terpentin erschienenen Balsam. Der Baum kommt auf Chios und auf Cypern häufig vor, wird aber nicht mehr ausgebeutet. Neuerdings soll die Ausbeutung wieder vorgenommen werden (24). *P. terebinthus* L. var. atlantica Desf., Nordafrika, liefert ein Harz, das dort manchmal gesammelt und als Kauharz benutzt wird.

Über Rhusarten siehe japanischer Lack.

Melanorrhoea usitata Wall., Indien, liefert ein zur Firnisherstellung dort benutztes Harz (25).

3. **Araliaceen.** *Hedera helix* L. Liefert ein Gummiharz, das Efeuharz, welches früher medizinisch benutzt wurde (26) (Gummi-resina Hederae, Bergm. Pharmazeut. Warenkunde, S. 550), tritt nur in wärmeren Gebieten (Südeuropa, Orient) aus den Stämmen aus.

4. **Araucariaharze.** *Araucaria intermedia* Vieill. (A. Cocki, *Eutacta Pancherii* Carr.) liefert ein früher medizinisch verwendetes Harz (27). *A. brasiliana* Lamb. aus den Bergregionen des mittleren und südlichen Brasiliens enthält ein helles Gummiharz mit etwa 8—9 % Harzbestandteilen, etwa 6% ätherischem Öl (28). Das Harz der *Araucaria excelsa* R. Br. aus Peru ist nach Wiesner ebenfalls ein Gummiharz von brauner Farbe, durchsichtig und von stalaktitischer Gestalt mit etwa 75 % Gummi und 25 % Harz (29).

5. **Ammoniakum.** Das Ammoniakgummi wird von einer in den westasiatischen Steppen vorkommenden *Umbellifere Dorema ammoniacum* gewonnen, die oft als Begleiterin des *Scorodosma foetidum* vorkommt. Auch verwandte Pflanzen sollen ein derartiges Harz liefern.

Das Harz entsteht aus einem freiwillig austretenden Milchsaft, der am Stamme und an der Wurzel zu Körnern verschiedener Größe erstarrt (30). Außer im Stamme und der Wurzel, wo er am meisten sich vorfindet, kommt der Gummiharzsaft auch in den Blattstielen und Infloreszenzachsen vor. Nach Tschirch (31) unterscheiden sich die Sekretgänge dieser Pflanze von denen der übrigen Umbelliferen dadurch, daß sie sich dem Holzteil der Leitbündel anlegen, im dünnwandigen Grundgewebe dagegen fehlen. Im Stengel lehnen sich die Gummiharzgänge zu zweien oder dreien an die Holzteile der Gefäßbündel an und treten in der Rinde hauptsächlich an der Innenseite von Bastzellenstreifen auf. In den Blattstielen begleiten sie die Gefäßteile und im Rindenteile die Bastbelege. In der jungen Wurzel sind die Gummiharzgänge, wie beim Asant, in konzentrischer Anordnung zu finden.

Im Gegensatz zu den meisten Harzen wird das Ammoniakharz einfach von Stengeln, an denen es freiwillig austritt, abgelesen, ohne daß eine künstliche Verletzung angewandt wird. Auch durch Insektenstiche tritt es aus. Nach einer bei Tschirch (31) befindlichen Bemerkung werden die Stengel nach Bombay gebracht und dort wird das Harz abgetrennt. Dort, wie auch in Ispahan wird das meist stark verunreinigte Harz sortiert. Der Handel ist in Bombay konzentriert.

Äußere Beschaffenheit: Das Harz kommt *in granis* und *in massis* (*in placentis*) vor. Letztere Sorte besteht aus erbsen- bis haselnußgroßen Körnern, die gewöhnlich zusammengebacken sind. Die Farbe ist schmutzig bräunlich bis gelblich, auf frischen Bruchflächen trüb-weiß. Der

Bruch ist muschelig, opalartig und wachsglänzend. Bei Zimmertemperatur ist das Harz spröde, erwärmt erweicht es und bildet dann, ohne eigentlich zu schmelzen, eine zähe Masse. Wenn diese Sorte mandelartige Einschlüsse aufweist, nennt man sie auch »*Ammoniacum amygdaloides*«.

Der Geruch ist unangenehm, er wird oft als knoblauchartig beschrieben, jedoch stimmt dies nicht völlig. Der Geschmack ist bitter, kratzend und widrig.

Die Sorte *in placentis* ist die schlechtere, sie bildet ungleichmäßige, größere zusammengebackene Stücke von schmutzig bräunlicher Farbe; sie enthält stets viel Verunreinigungen, wie Holz, Pflanzenteile, Sand. Sonst ist sie der Sorte *in granis* ähnlich.

Unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt sich eine gummiartige, homogene Grundmasse, in welcher Körnchen und Tröpfchen gleichmäßig eingebettet erscheinen. Jeder Splitter ist von unregelmäßig sich verzweigenden Rissen durchsetzt. Im Wasser löst sich die gummiartige Grundmasse auf; die Harzkörnchen und Öltröpfchen verteilen sich in Wasser zu einer weißlichen Emulsion. Die Harzkörnchen sind wie bei *Galbanum* teils kugelig, teils unregelmäßig langgestreckt.

Chemische Zusammensetzung: Neben dem Gummi, das ähnliche Eigenschaften wie Gummi arabicum hat, und bei der Hydrolyse Galaktose, Mannose und Arabinose gibt, findet sich nach Tschirch und Lutz (32) als Hauptbestandteil des eigentlichen Harzes der Salizylsäureester eines »Tannols«, den die Autoren als Ammoresinotannol bezeichneten und dem sie die Formel $C_{18}H_{29}O_2 \cdot OH$ beilegten. Bei der Oxydation desselben entstand Dinitroresorzin.

Das Harz gibt mit Oxydationsmitteln wie Eisenchlorid, Natriumhypobromid (33) und anderen mehr charakteristische rote bis violette Färbungen, die auf das Tannol zurückzuführen sind, das die gleichen Reaktionen aufweist. Die mit der dreifachen Menge Wasser bereitete Emulsion wird durch Zugabe von Natronlauge gelb, dann braun verfärbt.

Von *Galbanum* und *Asa foetida*, die gelegentlich auch mit Salzsäure rote Färbungen ergeben, läßt sich *Ammoniacum* durch die Umbelliferonreaktion unterscheiden, da dieses nicht aus Ammoniakharz gewonnen werden kann. Man verlangt von einem guten Harz einen Höchstgehalt an alkohollöslichen Anteilen von 40% und einen Aschengehalt von weniger als 7,5%.

Die Anwendung des Ammoniakharzes als Heilmittel ist bis auf das 10. Jahrhundert zurückzuführen (von Isaak Judäus erwähnt). Es wurde als Stimulans und Expektorans vielfach benutzt, eine Anwendung, die heute kaum noch stattfindet. Auch die Verwendung als erweichendes Mittel bei Pflastern zur Behandlung von Geschwüren, Hühneraugen und

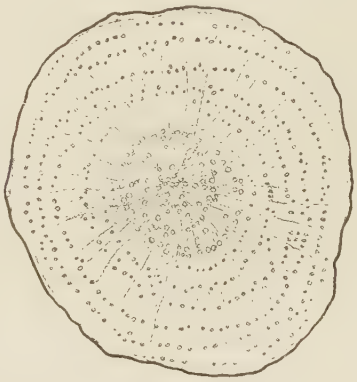


Abb. 3.
Querschnitt durch einen Wurzelast der *Ferula tingitana*. Die Milchkanäle sind in konzentrischen Zonen angeordnet. Lupenbild. (Nach Tschirch.)

dergleichen wie als äußerliches Reizmittel zur Behandlung von Rheumatismus ist wohl kaum mehr umfangreich. Ganz aufgehört hat schon lange die innerliche Verwendung als Stimulans und Diuretikum. Die meisten Apotheken führen es nicht mehr, dagegen findet es in der Veterinärmedizin noch Verwendung.

Das von Dioskorides und Plinius erwähnte *Ammoniacum* (Harz der lybischen Wüste) dürfte das marokkanische Ammoniak-Gummiharz sein.

Dieses trat zum ersten Male bei der Wiener Weltausstellung (1873) auf. Es stammt von *Ferula tingitana* (Wurzelquerschnitt s. Abb. 3), einer in Nordafrika (und Syrien) vorkommenden Umbellifere. Nach A. Vogl (34) bildet dieses Ammoniacum schwere, bis mehrere Kilogramm wiegende Klumpen; es zeigt eine schwarzbraune Grundsubstanz, die aus Erde, Sand, Pflanzenresten und Gummiharzkörnern besteht. Diese Gummiharzkörner erreichen Walnußgröße, sind außen braungelb, brechen großmuschelig. Die frische Bruchfläche ist wachsglänzend, weißlich oder gelblich,

läuft bläulich an. Im chemischen Verhalten ist das afrikanische Ammoniacum von dem persischen verschieden. Wird ersteres mit weingeistiger Ammoniakflüssigkeit übergossen, so erhält man eine bläulich fluoreszierende Flüssigkeit, was bei gleicher Behandlung des letzteren nicht eintritt.

6. Asa foetida. Das Gummiharz, auch Asant, Stinkasant oder Teufelsdreck genannt, in den Pharmakopöen *Gummiresina Asa foetida* bezeichnet. Stammpflanzen sind bis 3 m hohe Umbelliferen (Ferula-Arten), die in Persien, Afghanistan, besonders aber in den Steppen zwischen dem persischen Busen und Aralsee heimisch sind. Vor allem sind *Ferula*

Abb. 4.
Schizogener Milchkanal aus Wurzelstücken, die aus gewöhnlicher *Asa foetida* ausgelesen wurden. *S* Sezernierungszellen. *i* sekretführender Interzellulargang. (Nach Tschirch.)

asa foetida L., *F. foetida* (Bunge) Regel. Die Pflanzen bilden mächtige Büsche, fast Wälder. In dem Steppengebiet folgen sie dem Kiesboden mit salzigem Untergrund, und fehlen überall dort, wo der Boden einen lehmigen Charakter annimmt. Auf lehmigem Boden wird sie nach Wiesner durch eine nahe verwandte Art *Ferula persica* ersetzt, die aber nicht Asant liefert.

Die besten Sorten von *Asa foetida* kommen aus Birjand in der Provinz Chorasan (35).

Auch *Narthex asa foetida* (*Ferula narthex* Boissier), in Afghanistan und im westlichen Tibet vorkommend, liefert Asant.

Es gibt noch mehrere andere gummiharzliefernde, nach Asant riechende Umbelliferen, welche aber auf *Asa foetida* nicht ausgebeutet werden, darunter die in Kaschmir auftretende *Ferula foetidissima*, die harzreichste und am stärksten riechende Asantpflanze, und *Ferula teterrima*, welche in der Dsungarei vorkommt und sehr stark nach Asant riecht.

In der Regel wird die wildwachsende Pflanze auf Asant ausgebeutet, doch wird *Scorodosma foetidum* auch kultiviert, z. B. in Sykan, zwischen Kabul und Balkh (36), auch bei Herat.

Vorkommen des Gummiharzsaftes in der Asantpflanze. Nach Borszows Untersuchungen (37) ist die Rindenschicht des Stengels und der Wurzel die Entstehungsstätte des Gummiharzes, welches besonders reichlich in der Wurzel auftritt. Nach den von Tschirch (38) ausgeführten Untersuchungen ist der Gummiharzsaft der Asantpflanze in schizogenen Sekretbehältern (s. auch Abb. 4) enthalten, welche langgestreckte Röhren darstellen und in konzentrischer Anordnung die Wurzel der Ferula-Arten durchsetzen; sie gleichen fast völlig denen von *Rad. Pimpinella* (39).

Schon die lebende Asantpflanze besitzt den höchst intensiven unangenehmen Geruch der *Asa foetida*, es muß mithin das in dieser Droge vorkommende, ihren Geruch bedingende ätherische Öl schon fertig gebildet in der lebenden Pflanze vorkommen.

Gewinnung: Die Gewinnung des Harzes ist in den verschiedenen Produktionsländern verschieden, bleibt sich aber in den einzelnen Gebieten stets gleich. In Persien werden, wie auch schon im Anfang des 18. Jahrhunderts (40), die Wurzelköpfe freigelegt, indem man den Stengel abschneidet und den ausfließenden Gummiharzsaft in kleinen Gruben, die man um die Wurzel herum ausgräbt, ansammelt (41). Zur Verhinderung des Austrocknens der angeschnittenen Wurzel werden die Schnittwunden mit krautigen Pflanzenteilen bedeckt und diese mit Steinen beschwert. Die in den Gräben angesammelten Asantklumpen wiegen bis zu 1 kg. Nach Aitchison (42) werden nur nichtblühende Pflanzen auf Asant ausgebeutet, in Herat dann, wenn die Blätter zu welken beginnen, in einigen Gegenden im Juni, in anderen schon im April. Nach Beobachtungen von Cookes werden die großen

Klumpen mit Gips oder Mehl versetzt. Nur die in der Nähe der Blätter erstarrenden Körner werden unvermischt gelassen und bilden eine teurere Sorte des Harzes. Nach anderen wird nur das zuerst austretende Harz verschnitten, das dünner ist als das später austretende, das man unvermischt läßt.

Chemische Zusammensetzung: Die Zusammensetzung eines von Tschirch und Polašek (43) untersuchten Asantes war (in abgerundeten Zahlen) folgende:

Gummi	25%
Ätherisches Öl	7%
Ferulasäure	1%
Feuchtigkeit	2%
Verunreinigungen	2%
Vanillin	(0,06%)
Harz	62%

Das Harz besteht aus dem Ester eines in geringer Menge (0,6%) auch frei vorkommenden Resinotannols ($C_{24}H_{33}O_4 \cdot OH$) mit der Ferulasäure

$C_6H_3(OH)(O \cdot CH_3)(CH = CH \cdot COOH)$

1, 2, 4. Das Resinotannol ist in Äther unlöslich, der Ester ist löslich.

Das ätherische Öl (d_{15} = 0,975—990, $[\alpha]_D$ = —9° 15′), das der Träger des widerlichen Geruchs ist, enthält als riechende Bestandteile eine Reihe von organischen Sulfiden neben 6—8% eines Terpens (Pinen?) und einem zu etwa 20% vorhandenen Körper $(C_{10}H_{16}O)_n$, wahrscheinlich dem Polymerisationsprodukt eines Oxyterpens. Die aufgefundenen Sulfide hatten die Formeln $C_7H_{14}S_2$ (45%), $C_{11}H_{20}S$ (20%) und geringe Mengen von $C_8H_{16}S_2$ und $C_{10}H_{18}S_2$ (44). Über die Konstitution dieser Verbindungen ist nichts bekannt. Über das Vorhandensein eines Fermentes (Oxydase) berichtete Tschirch.

Handelsformen: In den Handel kommt Asant, soweit es überhaupt noch gehandelt wird, in Körnern (Asa foetida in granis) und in Klumpen (A. f. in massis). Die Körnersorte, die stets die bessere und am wenigsten verunreinigte, ist weißlich, außen fast immer bräunlich bis braun verfärbt. Die zweite Sorte besteht meistens aus einer ziemlich homogenen Grundmasse, in die die dichteren Asantkörner (»Mandeln«) eingebettet sind. Neben Gewebsteilchen der Stammpflanze enthält diese Sorte stets sehr viele Verunreinigungen, ja auch zur Verfälschung zugesetzte organische und Mineralstoffe. Die Menge der letzteren beträgt zuweilen bis zu 50%. Das deutsche Arzneibuch schrieb einen Minimalgehalt an Alkohollöslichem von 50% vor und einen Maximalgehalt an Asche von 15%.

Verwendung: Im Orient, namentlich in Indien und Persien dient Asa foetida als Gewürz zu Speisen (wahrscheinlich seiner abführenden Wirkung wegen als Gegenmittel gegen die verstopfende Wirkung des Opiumrauchens). Angeblich soll sie auch in der französischen Küche einmal Verwendung gefunden haben. Die Anwendung in der Medizin erstreckte sich bis in das Ende des vorigen Jahrhunderts. Jetzt ist sie wohl höchstens noch in der Veterinärmedizin benutzt. Im Mittelalter war das Harz sehr bekannt und wahrscheinlich schon im Altertum benutzt, wenigstens wurde Silphion und Laser der Alten als Asant gedeutet. Jedenfalls benutzten Griechen und Römer den eingedickten Saft einer großen Umbellifere, die in Nordafrika wuchs, als Silphium. Die Stammpflanze soll angeblich *Thapsia garganica* sein. Im Mittelalter kam die Droge über Aden in den Handel, heute ist, soweit ein Handel noch in Frage kommt, Bombay der Haupthandelsplatz.

7. Benzoeharz. Das Benzoeharz (franz. Benjoin, engl. Gum Benjamin) kommt in mehreren Sorten vor, die sich auch chemisch bedeutend unterscheiden, da die einen Zimtsäure enthalten und andere nicht. Die Hauptsorten stellen die offizinelle Siambenzoe dar, die nur Benzoesäure enthält und die nicht offizinelle Sumatrabenzoe, die neben Benzoesäure, oft überwiegend Zimtsäure aufweist. Die Sumatrabenzoe stammt von dem im ganzen indisch-malaiischen Archipel verbreiteten *Styrax benzoin* Dryand. Die Abstammung der Siambenzoe ist nicht völlig sichergestellt. Bisweilen findet man als Stammpflanze *Styrax tonkinensis* angegeben (45). Von verschiedenen Forschern wurde die Ansicht vertreten, daß die Stammpflanzen der beiden prinzipiell verschiedenen Benzoesorten verschieden sein müßten (46). Auch von anderen Sorten wurde eine Abstammung von anderen Bäumen behauptet, wie von Flückiger, daß die Penang-

benzoe vermutlich von *Styrax subdenticulata* Miqu. abstamme. Wiesner hält aber die alte Ansicht für die richtigere, daß die verschiedenen Benzoesorten von *Styrax benzoin* abstammen. Er begründet dies damit, daß ein genauer Vergleich von Blättern, Blüten und Früchten von kultivierten Bäumen, die zimtsäurehaltige Benzoeharze ergaben, völlig übereinstimmten mit den entsprechenden Organen von *Styrax benzoin* (47). Jedenfalls kann also der Zimtsäuregehalt nicht dafür geltend gemacht werden, daß die diesen führenden Benzoearten andere Abstammung haben müßten als die zimtsäurefreien Harze. Völlige Sicherheit besteht jedenfalls noch nicht über die Herkunft der einzelnen Benzoesorten.

Vorkommen und Gewinnung der Benzoe: Nach Untersuchungen von Tschirch und Svendsen (48) enthält der unverletzte Stamm von *Styrax benzoin* keine Harzbehälter, weder im Holz, noch in der Rinde. Die Bildung des Harzes erfolgt erst nach Verwundungen. Nach Wiesners Untersuchungen entsteht das Harz in verschiedenen Geweben, hauptsächlich aber in der Mittelrinde, in der auch die Entstehung der Zimtsäure zu suchen ist. Auch die Markstrahlen des Holzes und Bastes nehmen teil an der Entstehung des Harzes, auch die Außenrinde insofern, als sich hier der Farbstoff bildet. Tschirch (49) bestätigte die lysigene Bildung des Harzes und fand die Entstehung so vor sich gehend, daß die Entstehung von den Markstrahlen ausgeht, in der Rinde dann auf das Phloemparenchym übergeht und endlich auch die Bastzellen und Sklerenchymelemente ergreift. Im Holze nimmt die Auflösung von den Markstrahlen ihren Weg über Holzparenchym, Libriform zu den Gefäßen. Die Auflösung der Membran geht von außen nach innen. Sowohl Wiesner (50) wie Lüdy nehmen an, daß das Benzoeharz aus dem Gerbstoff hervorgeht.

Nach Marsden (51) und Duplessy (52) werden die Bäume von ihrem 5. bis 7. Lebensjahre an angeschnitten und dies wird mehrmals, nach Miquel jährlich viermal wiederholt. Das austretende Harz wird dann abgesammelt. Etwa zehn Jahre lang liefern die Bäume ein brauchbares Harz, dann wird dieses zu dunkel und hat einen so geringen Geruch, daß es nicht mehr handelsfähig ist. Auf Sumatra werden die besten, von jungen Bäumen stammenden Sorten als „Kopf", die von älteren abgelesenen Harze als „Fuß" bezeichnet.

Sorten: Man unterscheidet gewöhnlich Tränenbenzoe, Mandel- und gemeine oder Blockbenzoe. Die Unterscheidung wird ferner nach der Herkunft vorgenommen. Die wichtigsten Sorten sind Siambenzoe, Sumatrabenzoe, Padang-, Penang- und Palembangbenzoe.

Die Siambenzoe stellt flache und gerundete Stücke dar, die aus einer hellbräunlichen, spröden, zum Teil schwach durchscheinenden Grundmasse mit glasglänzendem Bruch bestehen, in die milchige oder grauweiße „Mandeln" eingebettet sind. Die Mandeln sind auch bisweilen bräunlich gefärbt, im Inneren aber stets weiß. Die Tränenbenzoe besteht ausschließlich aus den Mandeln, die auch lose vorkommen und das reinste Harz darstellen.

Sumatrabenzoe ist der Siambenzoe äußerlich ähnlich, jedoch meist unreiner und auch dunkler. Die Mandeln sind weniger gehäuft, fehlen auch wohl hier und da gänzlich. Die Grundmasse ist noch weniger durchscheinend und spröder, der Bruch mehr fettglänzend.

Die übrigen Sorten sind meist dunkler, braun bis rötlich, oft geblockt. Die gepulverten Harze sind weiß bis schwach rötlich, dunkeln aber rasch nach.

Chemische Zusammensetzung: Die Zusammensetzung der Benzoe ist ziemlich viel untersucht worden, ohne daß jedoch heute bereits Klarheit bestände. Nach Untersuchungen von Tschirch und Lüdy (53) enthalten sowohl Siam- wie Sumatrabenzoe das gleiche „Benzoresinol" (5 %), das an Benzoesäure bei der Siambenzoe, an Zimtsäure bei der Sumatrabenzoe verestert ist, dessen Formel sie zu $C_{16}H_{25}O_2 \cdot OH$ angeben. Die Hauptmenge besteht aus einem Ester eines Siaresinotannols bzw. Sumaresinotannols ($C_{12}H_{13}O_2 \cdot OH$ bzw. $C_{18}H_{19}O_4 \cdot OH$) mit Benzoe- bzw. Zimtsäure bei der Siam- bzw. Sumatrabenzoe.

Weitere Bestandteile sind nach diesen Autoren bei der Siambenzoe geringe Mengen (0,3 %) eines aromatisch riechenden flüssigen Benzoesäureesters mit einem un-

bekannten Alkohol, ferner geringe Mengen freier Benzoesäure und etwas Vanillin. Die letzten beiden Bestandteile finden sich auch bei der Sumatrabenzoe, dazu 1 % Zimtsäurephenylpropylester, 2—3 % Styrazin (Zimtsäurezimtester), Spuren von Benzaldehyd und Benzol.

Die Angaben von Tschirch und Lüdy wurden aber von anderer Seite als irrig bezeichnet. Reinitzer (54) fand in Siam- und Sumatrabenzoe verschiedene Resinole und behauptete ferner, daß die „Resinotannole" nicht oder doch nur zum geringsten Teile ursprünglich vorhanden gewesen sein können, sondern sekundäre, erst bei der Isolierung entstandene Oxydationsprodukte eines Harzalkohols darstellen. Reinitzer fand ihn in der Siambenzoe in Form eines farblosen kristallisierenden Benzoylesters, dem er den Namen Lubanolbenzoat gibt. Das Lubanol ist wahrscheinlich identisch mit Coniferylalkohol oder diesem wenigstens sehr nahestehend. Auch die amorphe Grundmasse ist nach neuen Untersuchungen von Reinitzer (54a) Coniferylbenzoat. Mit alkoholischer Lauge entstand aus dem Lubanolbenzoat ein Produkt ähnlich dem Siaresinotannol von Tschirch und Lüdy.

Auch Zinke und Lieb (55) finden, daß die Resinole der Siam- und Sumatrabenzoe verschieden sind, ja nach den neuesten Untersuchungen überhaupt nicht Resinole, also Harzalkohole, sind, sondern Resinosäuren, die eine Karboxylgruppe enthalten.

Aus der Siambenzoe wurde durch Erwärmen mit 6%iger Natronlauge diese Säure (d-Siaresinolsäure) als schwerlösliches Natriumsalz erhalten. Die freie Säure kristallisiert aus Methylalkohol mit dem Schmelzpunkt 275—278, $[\alpha]_D^{22}$ = + 27,3° bei einer etwa 1,5%igen methylalkoholischen Lösung. Die Säure löst sich in kalter konzentrierter Schwefelsäure mit kanariengelber Farbe auf.

Aus Sumatrabenzoe wurde die der Siaresinolsäure isomere d-Sumaresinolsäure isoliert, deren Natriumsalz aber in Sodalösung und verdünnter Natronlauge leicht löslich ist (schwerer in konzentrierter Lauge). Sie kristallisiert aus verdünntem Alkohol mit einem Molekül Wasser, schmilzt wasserfrei bei 298—299°, hat $[\alpha]_D^{''}$ + 51,6° (c = etwa 1,6 %) in absolutem Äthylalkohol. Die Lösung in konzentrierter Schwefelsäure ist orangegelb. Beide Säuren geben Ester, sie haben die Formel $C_{30}H_{48}O_4$, sind einwertig und werden durch Chromsäure in essigsaurer Lösung zu kristallisierenden Säuren $C_{27}H_{40}O_4$ abgebaut (11).

Die Angaben über die Löslichkeitsverhältnisse gehen weit auseinander. Die in der Übersichtstabelle angeführten Angaben sind den eingehenden Untersuchungen von Bohrisch (56) entnommen. Es sei hier nur vermerkt, daß sich nach diesem Autor 1 g Siambenzoe in 10 g Schwefelkohlenstoff bei kurzer Erwärmung im Wasserbade völlig löst, während Sumatrabenzoe und Palembangbenzoe sich unter Abscheidung einer braunen Masse lösen. Beim Lösen in fünf Teilen Alkohol (96%ig) soll nicht mehr als 12 % Unlösliches bei guter Ware zurückbleiben.

Das sicherste Mittel zur Erkennung einer Beimischung von Sumatrabenzoe in der hochwertigen Siambenzoe ist die Prüfung auf einen Gehalt an Zimtsäure. Nach Bohrisch stellt man diese in den Pharmakopöen vorgesehene Probe am besten in folgender Weise an:

Man schüttelt 1 g Benzoe mit 10 ccm einer 1%igen Kaliumpermanganatlösung ohne Erwärmen in einem kleinen Zylinder. Wenn nicht sofort Geruch nach Benzaldehyd eintritt (infolge Oxydation der Zimtsäure zu Benzaldehyd), so läßt man noch eine halbe Stunde stehen. Ist auch dann Benzaldehydgeruch nicht wahrzunehmen, dann ist Zimtsäure und somit Sumatrabenzoe nicht zugegen. Säure und Verseifungszahlen s. Tabelle S. 1098.

Verwendung: Die Hauptverwendung der Benzoe ist die pharmazeutische, bei der nur Siambenzoe zu verwenden ist. Sie dient zur Herstellung der Tinctura Benzoe und von Benzoesäure zu medizinischen Zwecken. Ferner wird sie als Geruchsstoff zu kosmetischen Zwecken und zur Herstellung von Räucherkerzen und dergleichen benutzt. In der Lackfabrikation wurde sie früher bei der Herstellung feinerer Spritlacke vielfach verwendet, doch ist die Verwendung heute sehr beschränkt und fast nur noch bei der Her-

stellung von Konfitüren- und Schokoladenlacken zu finden. Diese dienen zum Überziehen der Waren als Schutz gegen Schimmeln bei Aufbewahrung in feuchten Räumen und zur Erzielung von hohem Glanz.

Geschichtliches: Im Altertum war Benzoe unbekannt (57). In Europa war sie noch im 15. Jahrhundert eine Seltenheit. Die ägyptischen Sultane sendeten »Benzui« (58) als kostbares Geschenk an die Dogen von Venedig und an die Königin von Cypern [Catherina Cornaro (59)]. Im 16. Jahrhundert taucht sie auch als »asa dulcis« auf. Von da an wird sie in den Apotheken immer häufiger. Seit dem 18. Jahrhundert wird sie in allen Pharmakopöen aufgeführt. Die technische Verwendung ist noch jünger und zum größten Teil wieder, wie bei der Lackfabrikation, überlebt, woran vor allem der hohe Preis und die relativ geringen zur Verfügung stehenden Mengen die Schuld tragen.

Anhang: Als Stammpflanze der Siambenzoe wird auch *Styrax benzoides Craib.* genannt (60). Auch *Styrax crotonoides* wird genannt (61). Von *Styrax officinalis* L. wurde früher ein wohlriechendes Harz gewonnen, das in Körnern, eingewickelt in den Handel kam. Dieses Harz führte den Namen „Styrax calamitus", der heute für ein anderes Produkt gebräuchlich ist (s. Storax). *Styrax Pearcei* Park. var. *bolivianus* Park., Ostbolivien, liefert eine Benzoe mit Mandelstruktur, die viel Zimtsäure und wenig Benzoesäure enthält, auch Vanillin (0,3%) enthält. Dieses Harz wurde von A. Wichmann (62) genauer untersucht. Ein Harz von *Styrax camporum* Pohl, Bolivien, ebenfalls ein Benzoeharz, enthält nach Wichmann (62) keine Zimtsäure und ist von sehr geringer Qualität.

8. Bernstein. Unter Bernstein wird nicht ein bestimmtes Harz verstanden, sondern eine Reihe fossiler Harze, die sich nach Vorkommen und Verbreitung und auch in ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit unterscheiden. Wenn man von »Bernstein« schlechthin spricht, so meint man gewöhnlich den Succinit. Dieser ist das fossile Harz eines längst ausgestorbenen Baumes *Pinus succinifera* Conw., der Rottanne nicht unähnlich. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Bernstein ursprünglich dem Fichtenharz ähnelte, aber durch die Einwirkung von Feuchtigkeit, Luft und Wärme in den seit seiner Entstehung verflossenen Jahrhunderttausenden, nach Koken sogar Jahrmillionen, eine völlige Umwandlung erfahren hat.

Das Vorkommen des Succinits beschränkt sich im wesentlichen auf das Samland, die ostpreußische Landschaft, die vom Pregel, der Deime, dem frischen und kurischen Haff begrenzt wird.

Er findet sich dort in der sogenannten blauen Erde, einer aus tonigem Quarzsand, Glimmer, kohligen Teilen und Grünerdekörnern bestehenden festen Erdschicht.

Die Gewinnung geschieht teils bergmännisch im Tagebau, bei dem die blaue Erde abgegraben oder gebaggert und zur Freilegung des Bernsteins gesiebt wird. Teils wird er auch am Strande und durch Fischerei gewonnen, indem die durch Stürme vom Meeresboden abgerissenen Tange, die mit Bernstein untermischt sind, in Netzen gesammelt und auf Bernstein hin durchsucht werden. Die Bernsteinproduktion wurde 1899 vom preußischen Staate übernommen, der der Firma Stantien & Becker die um Palmicken gelegenen Bernsteinwerke abkaufte. Die Bernsteingräberei und -fischerei ist nur auf Strandnutzungsverträge hin statthaft.

Eigenschaften des Bernsteins: Das Harz ist durchscheinend, oft durchsichtig und klar, oft auch getrübt und milchig und nur an den Kanten durchscheinend. In der Farbe herrscht der gelbe Ton vor, doch finden sich zahlreiche Abstufungen vom hellsten Gelb bis zum Braun, sowie rötliche Töne, violettstichige, grüne usw. Die sehr fest haftende Verwitterungsschicht ist dunkel, oft, besonders beim Meerbernstein aber schon abgewaschen und abgerieben. Der Bruch ist muschelig, fettglänzend. Die Härte beträgt 2—3, das spezifische Gewicht schwankt zwischen 1,05 bis fast 1,1. Beim Verbrennen riecht der Bernstein aromatisch, reizt jedoch durch die dabei entstehenden Bernsteinsäuredämpfe die Nasenschleimhaut stark. Der Schmelzpunkt wird zu 280—320 °, auch bis zu 350 ° angegeben (63).

Chemische Zusammensetzung: Der größte Teil des Bernsteins, und zwar der in Alkohol unlösliche (etwa 70%) ist ein Resen (Succinoresen), dem Tschirch die Formel $C_{22}H_{36}O_2$ gibt. Der Rest dieses Teiles ist der Bernsteinsäureester eines Harzalkohols (Succinoresinol

$C_{12}H_{20}O$). Ein in Petroläther löslicher Teil ist nach Tschirch ein Harzalkohol (Succinoabietol $C_{40}H_{60}O_2$?) und der Ester einer Harzsäure (Succinosilvinsäure $C_{24}H_{36}O_2$) mit d-Borneol. Der in Petroläther unlösliche, aber im Äther lösliche Teil enthält eine Harzsäure (Succinoabietinolsäure $C_{40}H_{60}O_5$) und sehr geringe Mengen einer Succinoabietinsäure $C_{19}H_{28}O_4$.

Der Gedanit, ein heller Bernstein, hat die gleiche Zusammensetzung, ist aber schwefelfrei (64) im Gegensatz zum Succinit, der 0,3—0,4% Schwefel enthält (65).

Für die Lackfabrikation muß der Bernstein, wie die ihm nicht unähnlichen fossilen Kopale, ausgeschmolzen, d. h. einer trockenen Destillation unterworfen werden. Dies Ausschmelzen geschieht von den staatlichen Bernsteinwerken selbst, so daß die Lackfabriken den ausgeschmolzenen Bernstein von dort beziehen können. Beim Ausschmelzen entstehen etwa 8% Bernsteinsäure, ferner wird neben Wasser, Wasserstoff, Kohlensäure ein brenzlich riechendes grünlichbraunes Öl, das Bernsteinöl gewonnen. Unreiner Bernstein hat auch einen mehr oder weniger großen Aschengehalt, zum Teil durch beigemengte Erde. Reine Stücke haben kaum über 1% Asche.

Sorten: Es werden im Handel zahlreiche Sorten geführt, die nach Farbe und Durchsichtigkeit sortiert werden, vor allem auch nach Größe der Stücke. Das größte bisher gefundene Stück hatte ein Gewicht von etwa 10 kg. Die Stücke sind teils rundlich, teils plattenförmig, schließen oft Insekten und Pflanzenteile ein. Durch letztere war es möglich, die Abstammung des Bernsteins festzustellen. Nach der Gewinnungsweise wird der Bernstein als Meer- und Seebernstein unterschieden. Besonders wird in »Hauptstücke« und »Sortiment« eingeteilt; es finden sich ferner Bezeichnungen, wie Fein Korallenbruch, Fein Blank, Gelb Blank, Seerot Blank, Erdrot Blank, Erdrasur. Als »Bernsteinknochen« und »Schwarzer Firnis« werden nach Andes die geringsten Sorten bezeichnet, die, zur mechanischen Bearbeitung untauglich, der Destillation zugeführt werden zur Gewinnung von ausgeschmolzenem Bernstein für die Lackindustrie und zur Darstellung von Bernsteinsäure. Der schwarze Firnis ist meistens durch vegetabilische und mineralische Beimengungen stark verunreinigt.

Als Preßbernstein bezeichnet man größere Stücke, die aus kleineren durch Zusammenpressen mittels hydraulischen Druckes hergestellt sind. Statt der runden und ovalen Luftbläschen der natürlichen Stücke zeigt nach Klebs Preßbernstein unter dem Mikroskop gedrückte und verästelte Bläschen, ferner nach Helm (65) lebhafte Interferenzfarben aller Art im Polarisationsmikroskop, während dort der natürliche nur schwache Farben einer Art aufweist.

Zur Untersuchung, ob überhaupt Bernstein vorliegt, kann die Verbrennung dienen, da reinere Bernsteinstücke fast aschelos verbrennen (s. o.). Infolge des Schwefelgehaltes schwärzen die beim Erhitzen im Reagenzglas entstehenden Dämpfe Bleipapier. Eine Vermischung mit Kopal kann nach Marcusson (66) erkannt werden durch Erhitzen mit Cajeputöl, da er im Gegensatz zu den Kopalen auch in der Wärme nur wenig löslich ist. Das filtrierte Öl gibt bei Kopalgehalt mit Benzin (siedend bis 50°) versetzt eine Trübung, nicht aber bei Bernstein. Die Löslichkeitsverhältnisse des geschmolzenen Bernsteins sind völlig andere. Dieser löst sich in Benzin völlig.

Verwendung: Helle und große Stücke werden zu Schmuckstücken und zur Herstellung kunstgewerblicher Gegenstände verwandt. Die schlechteren Sorten und die Abfälle werden zur Destillation verwandt (s. o.) und so der Lackindustrie zugeführt. Diese Verwendung des Bernsteins in der Lackindustrie hat jedoch sehr nachgelassen, da man in den harten Kopalen durchaus ebenbürtigen Ersatz hat, ja diese zum Teil lacktechnisch dem Bernstein überlegen sind. Es sei bemerkt, daß der Name »Bernsteinlack« heute nur eine Qualitätsbezeichnung ist und nicht besagt, daß der Lack überhaupt Bernstein enthält. Bernsteinsäure und das schwer verwertbare Bernsteinöl (68) sind Nebenprodukte der Destillation.

Statistisches: Die geförderte Bernsteinmenge ist in den letzten Jahren stark zurückgegangen. Während sie früher bis etwa 400000 kg jährlich betrug, war sie

1918 auf etwa 130 000 kg gesunken, 1919 auf nur etwa 78 000 kg. Auf 1 cbm »blaue Erde« werden etwa 3 kg Bernstein gerechnet.

Anhang: Der amerikanische Bernstein ist nach Gies (67) mit dem Succinit verwandt, während der sizilianische Bernstein (Simetit) (65) und der rumänische (Rumänit) verschieden von ihm sind. Auch der japanische Bernstein ist nach Eykmann verschieden vom Succinit; er kommt nach Schneider an der Westküste von Nippon und auf der Insel Kiusiu vor.

9. Betulaceenharze. Obwohl die *Betula verrucosa* Ehrh. (*B. alba* L.) kein eigentliches Harz liefert (wenigstens keins bekannt ist), sei sie doch hier erwähnt, da das von ihr stammende Betulin in nahen Beziehungen zu Harzen steht. Betulin ist ein zweiwertiger Alkohol, der in naher Verwandtschaft zu den in allen Pflanzenfetten vorkommenden Phytosterinen steht. Durch Umlagerung des Betulins entsteht ein neuer Körper »Allobetulin«, der sehr große Ähnlichkeit mit dem im Elemiharz aufgefundenen β-Amyrin hat. Es bieten sich hier Anzeichen für die Möglichkeit eines Zusammenhanges zwischen Fetten und Harzen (69).

10. Burseraceenharze. Die Burseraceen sind besonders als Harzlieferanten hervorzuheben.

Die Boswelliaarten werden als Stammpflanzen des Weihrauchs angegeben, dessen genaue Herkunft noch nicht als gesichert gelten kann (70). Früher wurde *Boswellia papyrifera* Hochst. (*Amyris papyrifera* Del., *Ploesslea floribunda* Enck., *Boswellia floribunda* Royle) als Lieferantin des Weihrauchs angegeben, doch soll nach späteren Angaben dieser Baum nicht ausgebeutet werden. In neuerer Zeit werden *Boswellia Carteri* Birdwood, *B. Bhaw-Dajiana* B., *B. neglecta* Sl. M. Moore genannt (siehe auch Weihrauch Nr. 51). *Boswellia Frereana* Richard, in seiner Heimat (Somaliland) Vegaar, liefert ein nach Zitronen riechendes weihrauchartiges Harz »Luban Meti«. Das ebenfalls weihrauchartige Harz der *Bosw. thurifera* Colebr. (*B. serrata* Stockh.) in Indien wird dort zu Kultzwecken verwendet [(71) siehe Weihrauch Nr. 51]. Ebenso auf Sokotra das Harz der *Bosw. ameero* Balf. Ein nicht näher bekanntes Harz ergibt nach Roxburgh (72) *Bosw. glabra* Roxb. Ein dem Luban Mati gleiches Harz (siehe oben) soll *Balsamodendron socratanum* Balf. liefern.

Auch eine Icicaart *Icica guayanensis* Aubl. (*Protium guayanense March.*) liefert ein weihrauchartiges Harz »Weihrauch von Cayenne« oder olibanum americanum. Über Icica siehe bei Elemiharz (Nr. 17).

Icica Aracouchini Aubl. (*Protium Aracouchini* March.), Südamerika, gibt einen im Lande wie Mekkabalsam als Wundmittel benutzten Balsam (73). *Icica altissima* Aubl., Südamerika, soll nach einigen Angaben einen Kopal, nach anderen einen wohlriechenden Balsam, dann wieder auch ein elemiähnliches Harz liefern (74). (Letzteres dürfte das wahrscheinlichste sein; bei der anfangs längere Zeit flüssigen Beschaffenheit des Elemis ist die Angabe, daß ein Balsam austritt, recht erklärlich).

Über einen Balsam aus verwundeten Stämmen von *Humiria floribunda* Mart., Brasilien, »Umiri« genannt, berichtet Martius (75). Eine Art Elemi soll von *Humiria balsamifera* Aubl., Guayana, nach Duplessy geliefert werden.

Dacriodes hexandra Gris (*Amyris hexandra*), Costarica, liefert ein kristallinisches Harz von gelber Farbe und eigentümlichem Geruch, das in der Heimat »Tabonico« genannt wird. Es dürfte den Elemiharzen nahe stehen.

Icica heptaphylla Aubl. (= *Protium heptaphyllum* L. March.) wird als Stammpflanze für eine Elemiart genannt (siehe Elemi Nr. 17), auch, aber wohl fälschlich für einen Kopal. Nach A. Ernst liefert es in Venezuela den Tacamahac (76). Über das Harz von *Icica Caranna* Humb. et Bomp. (= *Protium Caranna* L. March) siehe Elemi Nr. 17.

Auch Canariumarten liefern Elemiarten, wie *Canarium Schweinfurthii* Engl. (siehe Elemi). *Canarium mansfeldianum* soll angeblich Kamerunkopal liefern, eine Angabe, die sicherlich unrichtig ist. Der Elemigeruch des Harzes spricht sehr für Verwandtschaft mit Elemiharzen. Der Schmelzpunkt des Harzes wird zu 134 bis 135° angegeben (77). Balsamodendronarten liefern das Myrrhaharz (s. Nr. 35), doch sind die Angaben der Spezies verschieden; *Balsamodendron africanum* Arn. (= *Heudelotia africana*

Guill. et Per.) ist die Stammpflanze des früher offizinellen, jetzt völlig verschwundenen Bdelliumharzes. Nach anderen Angaben stammt das afrikanische Bdellium von *Commiphora* (*Balsamodendron*) *abyssinicum* Engl. — *Balsam. Playfairi* Hook, Somaliküste, liefert ein Harz, das dort »Hotai« genannt wird und nach Engler mit Myrrha identisch sein soll. — *Balsam. Roxburghii* Arn. soll die Stammpflanze des dem Manilaelemi ähnlichen bengalischen Elemi sein (78). Nach Dymock soll diese Pflanze das indische Bdellium liefern, das aber wahrscheinlich von *Bals. mukul* Hook (= *Commiphora mukul* Engl.) abstammt. Man sieht, daß die botanische Abkunft der Harze arg im Dunkeln liegt. Es möge daher diese Auswahl genügen. Über *Balsamodendron gileadense* (= *Commiphora opobalsam* Engl. : *Amyris gileadense* L.) siehe Mekkabalsam Nr. 33. Über Elaphrium siehe Tacamahac Nr. 46.

Schinus molle L. (peruanischer Pfefferstrauch), Peru, liefert das Molléharz, das in Peru verschieden verwendet wird (79). Die in Griechenland kultivierte Pflanze soll ein mastixähnliches Harz geben, das zu technischen Zwecken brauchbar wäre. Dieses Harz, das auch als amerikanischer Mastix bezeichnet werden soll, enthält etwa 60% Harz und 40% Gummi sowie etwas ätherisches Öl. Es schmeckt scharf und bitter und entwickelt beim Erhitzen einen weihrauchartigen Geruch.

11. Caprifoliaceenharze. F. W. Heyl hat ein aus der Rinde von *Viburnum opulus* gewonnenes Harz untersucht, das Essigsäure, Kapryl-Ameisensäure, Ölsäure, Linol- und Palmitinsäure enthält. — F. W. Heyl, Journ. Am. Pharm. Soc. 1922, 329.

12. Cistaceenharze. *Cistus creticus* L., *C. cyprius* Lam. und *C. ladaniferus* L. im Mediterrangebiet, erster besonders häufig auf Kreta, aber auch in Istrien, liefert das aus Harz, ätherischem Öl und Wachs bestehende, früher offizinelle Ladanum- oder Ladanharz (*Resina Ladanum, R. Labdanum*). Ladanum war im Altertum sehr berühmt (Herodot, Dioscorides). Das cyprische Ladanum wird in der Zeit von Juli bis September von Mönchen gesammelt, indem sie lange dünne Riemen über die harzschwitzenden Pflanzen hinziehen. Das an den Riemen hängende Harz wird abgeschabt, geknetet und in spiralige Rollen gedreht. Früher gewann man das Harz durch Hindurchtreiben von Schafherden durch Cistusbestände, wobei das Harz an der Wolle kleben blieb. Das Harz stellt dunkelbraune oder schwarze zähe, an den Fingern erweichende, im frischen Bruch anfangs graue, bald nachdunkelnde Stücke dar. Es dürfte auch heute noch hier und da in Apotheken zu finden sein. In Wasser unlöslich, in Alkohol fast völlig löslich. Der Geruch ist angenehm ambraartig, der Geschmack brennend balsamisch. SZ. etwa 90—110; VZ. etwa 200 bis 210 (80).

13. Convolvulaceenharze s. Jalappeharz Nr. 25 und Scammonium Nr. 43.

14. Dammar. Die Abstammung des Harzes wurde lange Zeit irrtümlich angegeben von *Dammara orientalis* Lamb. (*Agathis coranthifolia* Salisb. = *Ag. dammara* Rich.) oder *Dammara alba*. Nach dem besseren Überblick, den heute Tschirchs (81) Untersuchungen ermöglichen, geht schon daraus hervor, daß diese Annahme falsch ist, daß die Koniferen ausnahmslos Harze liefern, die zu der Klasse der Resinosäure-Harze gehören, während das Dammarharz ein typisches Resenharz ist (siehe unten).

Auch die von van Heurck (82) vertretene Ansicht, daß Dammar von einer indischen Juglandacee stammt (*Engelhardia spicata* Bl.), ist ein Irrtum, der aber von ihm selber bereits berichtigt wurde, als er die Pflanze als Dipterocarpacee beschrieb (*Shorea selanica* Bl. = *Hopea selanica* Roxb.). Durch die Untersuchung eines von Wiesner beschafften Materials (Laubsprossen, Blüte und Frucht) haben Stapf und V. Schiffner dann festgestellt, daß die Stammpflanze des Dammarharzes in der Tat eine Shorea ist, und der oben genannten *Shorea selanica* sehr nahesteht, aber doch so bedeutende Unterschiede von ihr aufweist, daß Letztere ihr den Rang einer neuen Spezies zuerteilen (*Shorea Wiesneri* msc.).

Nach Wiesners Untersuchungen werden die perimedullaren Harzgänge schizogen angelegt und setzen sich lysigen fort. Wiesner nimmt nach den Forschungen von Tieghems (83) an, daß, wie bei anderen Dipterocarpeen, in der

sekundären Entwicklung des Stammes auch im Holz interzellulare Harzbehälter auftreten, wenn auch erst sehr spät. Die Tendenz zu schizogenen Bildungen im Mark gibt sich außer in den Harzgängen auch in dem schizogen durchklüfteten Markparenchym zu erkennen. Wir haben also schizolysigene Harzgänge. Es ist nicht ausgeschlossen, daß außer den perimedullaren Harzgängen die Harzbehälter des sumatranischen Dammars auch der Rinde angehören (84).

Gewinnung: Das Harz tritt freiwillig aus, doch wird zur Vermehrung des Harzflusses die Rinde der Bäume angeschnitten.

Äußere Beschaffenheit: Größere Klumpen oder Körner (siehe auch Sorten) von 0,5—4 cm Durchmesser, auch stalaktitische Massen (mehrere Hundert Gramm schwer). Die Farbe ist hellgelblich, die Oberfläche meist weißlich rauh, sonst aber klar und durchsichtig. Gewebseinschlüsse kommen, wenn auch selten, vor.

Die Oberflächenschicht ist ähnlich der von Mastix und Sandarak, aber arm an Rißlinien, während die meistens gewundenen Erstarrungsfiguren häufig und deutlich sind.

Zwar härter als Kolophonium wird Dammarharz doch von Kopalen, Mastix und Gips geritzt. Bei Handwärme wird das Harz schwach klebend. Der frische Bruch ist glasglänzend, muschelig. Frische Stücke haben schwach balsamischen, ältere nur geringen Geruch.

Über die Dichte finden sich nur spärliche Angaben, die von 1,04 bis zu 1,12 gehen. Um 1,05 dürfte am häufigsten sein. Das Verhalten beim Erhitzen ist, wie gewöhnlich, unzulänglich bestimmt. Schrötter (85) gibt an: Erweichung bei 75°, bei 100° dick- und bei 150° dünnflüssig und klar. Beim Schmelzen tritt aber zuerst starke Blasenbildung auf, erst nach teilweiser Zersetzung fließt die Schmelze ruhig.

Löslichkeit siehe Tabelle S. 1098. In 80%igem Chloralhydrat quillt der Dammar nur auf, geht aber nur wenig in Lösung (im Gegensatz zu den Koniferenharzen) (86).

Chemische Zusammensetzung: Hauptbestandteil (etwa zwei Drittel des Harzes) ist ein alkohollösliches Resen (α-Dammarresen, $C_{11}H_{17}O$), ein alkoholunlösliches Resen (β-Dammarresen, $C_{31}H_{52}O$), dessen Menge nicht ganz die Hälfte des Resens ist. Das β-Resen ist nur in Chloroform löslich. Es schmilzt bei 200°. Etwa ein Viertel des Harzes besteht aus einer in Äther und Alkohol löslichen kristallinischen Resinosäure (Dammarolsäure $C_{54}H_{77}O_3(OH)(COOH)_2$. In der von Tschirch und Glimmann (81) untersuchten Probe fanden sich auch 2,5% Wasser, 3,5 % Asche und 8 % Verunreinigungen, außerdem sehr wenig (unter 0,5 %) mit Wasserdampf flüchtiges Öl von pfefferähnlichem Geruch (Siedepunkt 82°).

Die Formeln sind höchst unsicher. Bei so hochmolekularen Bestandteilen, wie sie nach Tschirchs Formeln vorliegen würden, erscheint eine Formulierung aus Verbrennungsanalysen sehr ungewiß. Ja man wird füglich etwas zweifelhaft der Einheitlichkeit der Verbindungen gegenüberstehen müssen. Die Angaben, daß auch ein kleines Quantum Gummi im Dammar vorkommt, dürfte auf einem Irrtum beruhen. Verfasser hat jedenfalls gummiartige Substanzen nie feststellen können.

Sorten: Die Sorten werden nach Herkunft bezeichnet, womit nicht gesagt werden soll, daß die Herkunft immer tatsächlich mit dem Namen übereinstimmt. Es liegt hier etwa ähnlich wie bei den Kopalen, nur daß zwischen diesen ein größerer Unterschied ist als zwischen Dammarsorten. Die beste Sorte ist der Batavia-Dammar. Dann folgt der Padang-Dammar, dessen beste Art etwa nur zwei Drittel von der des Batavia kostet. Bedeutend billiger (etwa 60 % von den betreffenden Arten des Batavia) ist der viel verwendete Indragiri-Dammar. Nur halb so teuer wie dieser pflegt der viel dunklere Sumatra-Dammar zu sein. Bei den einzelnen Sorten werden noch eine ganze Reihe von Abarten nach ihrer Farbe und Klarheit und mit Buchstaben (A bis E) nach der Größe der Stücke bezeichnet, auch wohl als großstückig, mittelstückig, Körner, Grus und Staub. Je größer die Stücke und je besser die Sorte, desto weniger finden sich Verunreinigungen, die z. B. beim sumatranischen Dammar recht

hohe Werte annehmen können. Bei ausgesuchten Dammarsorten (Damar electa) verlangt man gewöhnlich einen Aschengehalt von nicht mehr als 0,1 % und einen Wassergehalt von höchstens 1 %. Ferner kommt auch „geblockter" Dammar, auch als Borneodammar bezeichnet, vor, der rötlich, bräunlich oder grau ist und der sich in den meisten Lösungsmitteln schwerer löst als die anderen Sorten. Dies ist auch beim Sumatradammar der Fall.

Prüfung: Löslichkeit: Völlig löslich in Chloroform und Schwefelkohlenstoff. 1 Teil Dammar (fein gepulvert) mit 10 Teilen Ammoniak unter häufigem Umschütteln eine halbe Stunde lang stehen lassen und das (klare oder nur schwach opalisierende) Filtrat mit Essigsäure ansäuern: Bei reinem Dammar soll keine Trübung eintreten. Die Lösung in Chloroform trübt sich mit 96 %igem Alkohol, was bei Vorliegen von Kaurikopal nicht der Fall ist, so daß eine Verwechslung mit diesem Harz dadurch erkannt werden kann. Auch die Bestimmung der Säure- und Verseifungszahlen (etwa 20—55, bei sumatranischem auch bis 65) können zur Entdeckung von Verwechslungen oder (selten vorkommenden) Verfälschungen dienen, da die Zahlen durch die meisten Harze erhöht werden.

Verwendung: Dammar ist ein wichtiges Material für die Lackfabrikation. Sowohl sogenannte „flüchtige" Lacke (d. i. Lösungen in flüchtigen Lösungsmitteln) werden mit Dammar hergestellt (Negativlacke, Retouchierlacke, Papierlacke usw.), wie auch Öllacke (Emaillelacke, Weißemaillen). In der mikroskopischen Technik eignet es sich zum Einbetten von Dauerpräparaten. Medizinisch diente es zum Wasserdichtmachen von Pflastern (Plastrum adhaesivum) und zum Tränken von Gipsverbänden. In der Linoleumfabrikation wird es gelegentlich an Stelle des sonst üblichen Kaurikopals verwandt. Das Harz gelangt erst seit Anfang des vorigen Jahrhunderts in den europäischen Handel.

15. Dipterocarpaceenharze. *Vateria indica* wurde früher als Stammpflanze des Manilakopals angesehen, was Wiesner aber richtigstellte (s. Manilakopal Nr. 30). Über Shorea siehe bei Dammarharz Nr. 14. *Shorea robusta* Roxb. (= *Sh. Roxburghii* Don. = *Vatica laccifera* Wight et Arn.) liefert beträchtliche Mengen eines der vielen Harze, die in indo-malaiischen Gebieten als „Dammar" bezeichnet werden (87). Das als Saul- oder Salharz bezeichnete Harz ist mit diesem identisch. *Sh. eximia* Scheffer (= *Vatica sublacunosa* Miqu.) liefert ein Harz, das als „Dammar tubang" bezeichnet wird, auch als Dammar kloekoep (88). Dem gemeinen Harz gleich wird in Indien ein Harz von *Sh. Tambugana* Roxb. verwendet (89).

Hopeaarten liefern gleichfalls Harze (s. a. Dammar Nr. 14). *Hopea belangeran* Korth. liefert nach Miquel ein Harz „Njating Mahabong" und *H. sangal* Korth. Njating matapoesa bzw. Njata matpleppek, je nachdem es von alten bzw. jungen Bäumen stammt (90). *H. maranti* Miqu. soll ein als Dammar batu bezeichnetes Harz liefern. Unter diesem Namen wird aber gewöhnlich das Harz von *Dammara alba* verstanden (s. Kopale Nr. 30) (91). *Hopea fagifolia* Miqu. liefert nach Tschirch auf Java ein „Dammar Kedemut" genanntes Harz (92—94).

Dipterocarpus eurhynchus Miqu. (95) und einige verwandte Bäume liefern auf Sumatra dammarähnliche Harze. Ebenso *Vatica rassak* Blume (= *Retinodendron rassak* Korth.), Borneo und Malaiische Halbinsel, die ein im englischen Handel als „Rose Dammar" bezeichnetes Harz liefern sollen (96).

Ein Harz von *Hopea ricopéi* beschreiben P. Nicolardot und Ch. Coffignier (97) als Kopal aus Kambodja, von milchweißer, hellgelber oder dunkelbrauner Farbe; d_{20} = 1,038, Schmelzpunkt 102°, SZ 18, VZ 34. Der Name Kopal dürfte nicht angebracht sein, da die Abstammung wie die SZ und VZ durchaus für eine Art Dammar sprechen. Dieselben beschreiben (a. a. O.) ein Harz von *Hopea odorata* aus Kambodja als farbloses Harz, d_{15} = 0,990, Schmelzpunkt 110°; SZ 38; VZ 53. *Hopea dealbata* (97), ebenfalls Kambodja, gab ein Harz, das gelb bis braun und matt war. d_{15} = 1,061; Schmelzpunkt 142°; SZ 51, VZ 82.

Von *Aucumea Klaineana* untersuchten die genannten Autoren ebenfalls ein Harz von der Dichte 0,996, Schmelzpunkt 77°, SZ 28; VZ 77.

16. Drachenblut (sanguis oder resina draconis). Das wichtigste Harz dieser Bezeichnung, das meistens einfach als „Drachenblut" bezeichnet wird, ist das Harz aus den Früchten der Palme *Daemonorops draco* Mart. (= *Calamus draco* Willd. = *Calamus rotang draco* L.) (98). Es wird auch Palmendrachenblut oder indisches oder ostindisches Drachenblut genannt. Die Angabe, daß auch aus Pterocarpusarten indisches Drachenblut gewonnen wird, wird von Wiesner nach eigenen Untersuchungen (99) und nach Angaben von Krausse und Schomburgk als unbegründet bezeichnet.

Auf Sumatra wird aus den Früchten von *Daemonorops accedens* ein Harz von nur lokaler Bedeutung gewonnen (zur Rotfärbung von spanischem Rohr) (100). Auch aus *D. propinquus* Becc. (Malaiische Halbinsel), *D. draconocellus* (Sumatra) soll nach H. N. Ridley (101) ein Drachenblut gewonnen werden. Die früher öfter zu findenden Sorten von kanarischem Drachenblut von *Dracaena draco,* westindischem von *Pterocarpus draco,* mexikanischem von *Croton draco,* südamerikanischem von *Croton gossypifolium* H. B. K. (102) haben entweder nie Bedeutung gehabt oder sind, wie das letztere, kaum nach Europa gelangt. Das Drachenblut von Sokotra ist nach der später durch von Wettstein bestätigen Ansicht Balfours von *Dracaena cinnabari* abzuleiten.

Gewinnung: Das nur in den Früchten vorkommende Harz wird durch Erhitzen über freiem Feuer zum Austreten zwischen den Schuppen der Früchte gebracht. Man gießt sie in ausgehöhlte Bambusstangen und formt so Stangen von etwa 1,5—2 cm Durchmesser und etwa 30 cm Länge. Die rückständigen Früchte, die von Harz durchtränkt sind, knetet man zusammen und verkauft sie als eine minderwertige Sorte des Harzes. In einigen Gegenden Indiens sammelt man die freiwillig austretenden Harztropfen und knetet sie zu Kugeln von 2—4 cm Durchmesser zusammen. Die freiwillig austretenden Harztropfen (Drachenblut in Tränen) gelten als beste Sorte. Die nach Abnahme dieses Harzanteils zurückbleibenden Früchte werden dann mit heißem Wasserdampf behandelt und das dabei austretende Harz wird zu „Kuchen" zusammengeknetet. Auf Sumatra läßt man nach Miquel die Früchte an den Stämmen, bis das austretende Harz trocken und spröde ist und schüttelt sie dann in Säcken, wobei das Harz abbröckelt. Das Harz wird dann geschmolzen und geformt (Miquel).

Äußere Eigenschaften: Die besten Sorten sind homogen, tiefrot, fast schwärzlich und haben lebhaft roten Strich. Unter dem Mikroskop sind nach Wiesner größere Splitter rot, kleine noch deutlich gelb gefärbt. Gewebsreste lassen sich nach Behandeln mit Alkohol auf dem Objektträger noch nachweisen, doch sind diese desorganisiert; geringere Sorten zeigen auch gut erhaltene Gewebsreste von der Oberhaut, bastartigen und Steinzellen, Fragmente von Ring-, Spiral- und Netzgefäßen. Im Polarisationsmikroskop ist das Harz einfach, sind die Gewebsreste doppelt lichtbrechend.

Geringe Sorten zeigen nicht selten nach Wiesner Mandelstruktur, indem in eine feinkörnige Grundmasse etwa hirsegroße Körner eingebettet sind.

Der Schmelzpunkt ist nach Dieterich (103) etwa 70°.

Der chemischen Zusammensetzung nach ist dieses Harz ein Gemisch von Estern eines Tannols, des Dracoresinotannols $C_8H_{10}O_2$, und zwar Ester der Benzoesäure und Phenyl-β-Monooxyakrylsäure nach Tschirch und K. Dieterich (a. a. O.). Ferner wurde ein gelbes Resen (Dracoresen) von Tschirch und Dieterich gefunden, das bei 74° schmolz und dem sie die Formel $C_{26}H_{44}O_2$ gaben. Das Estergemisch beträgt etwa 60 %, das Resen etwa 14 % des „Reinharzes". Ein wichtiger Bestandteil, wenn auch nur in kleiner Menge zugegen (2,5 %), ist das Dracoalban, wichtig deshalb, weil es nur im Palmendrachenblut vorkommt, nicht aber in den anderen minderwertigen Sorten, also zur Unterscheidung der Sorten dienen kann. Das Dracoalban ist ein weißer Körper, der gewonnen wird, wenn der mit heißem Äther hergestellte Auszug (10 g Harz, 50 g Äther) eingeengt und mit 50 ccm absolutem Alkohol übergossen wird.

Verwendung: Das Drachenblut wurde früher viel zur Herstellung gefärbter Spirituslacke benutzt, heute sind Teer-

farbstoffe an seine Stelle getreten. Eine interessante Verwendung fand das Harz zur Herstellung eines Reagenspapieres, das mit dem Reinharz getränkt ist, des Dracorubinpapieres. Es dient zur raschen Unterscheidung von Lösungsmitteln, besonders zur Unterscheidung von Benzolkohlenwasserstoffen und Benzinen. Erstere färben sich mit dem Papier rasch intensiv rot, während letzteres ungefärbt oder, bei einigen Sorten nur schwach bräunlich gefärbt wird (104).

Geschichtliches: Das Drachenblut war schon den alten Griechen und Römern bekannt und von ihnen viel benutzt (Dioscorides Mat. Med. V, 109, Plinius, Hist. nat. XXXIII, 36—40). Es hieß bei ihnen Kinabari, bei Dioskorides auch schon *αἷμα δράκοντος*. Es war das sokotrinische Drachenblut. Im Mittelalter wurde es medizinisch und zur Herstellung von Lacken verwendet, da aber auch schon seit Besitznahme der Kanaren durch die Spanier (1402) das kanarische von Dracaena Draco. Über das sumatranische Drachenblut von *Dracaena draco* gelangten die ersten Nachrichten im 18. Jahrhundert durch Kaempfer und Rumpf nach Europa. Es hatte lange Zeit große Bedeutung in der Lackbereitung, wo es aber heute völlig ausgeschaltet ist. Auch aus den Pharmakopöen ist es verschwunden.

Das amerikanische Drachenblut (sanguis draconis de Carthagena) stammt von dem den Leguminosen angehörenden *Pterocarpus draco* L. Es quillt aus der verwundeten Rinde der Pflanze, wird also ganz anders gewonnen wie das eigentliche Drachenblut und hat auch ganz anderen chemischen Charakter, es ähnelt mehr den Kinoarten.

17. Elemiharze. Unter Elemi (*resina Elemi* der Pharmakopöen) versteht man verschiedene an ätherischem Öl reiche Harze von Burseraceen (Canariumarten). Zunächst nach dem Austreten sind die Harze balsamartig, gehen aber nach einiger Zeit in eine feste harzige Form über durch Verlust an ätherischem Öl.

Nach der Herkunft unterscheidet man verschiedene Arten von Elemiharzen:

a) Manila-Elemi von den Philippinischen Inseln, besonders von Bantanges auf Luzon, südlich von Manila. Die Stammpflanze ist nicht sichergestellt. Es wird die von Blanco beschriebene *Icica Abilo* genannt (105). Häufig wird auch eine Canariumart (*C. commune*) als Stammpflanze angesehen, was auch Tschirch anerkennt (106). Das Elemiharz von Uganda soll von *Canarium Schweinfurthii* stammen (107).

Beschaffenheit des Manila-Elemi: Manila-Elemi ist weich, klebend, trübe, von gelblicher bis grünlichgelber Farbe. Bei längerer Aufbewahrung erstarrt es zu einer hellbräunlichen Masse, die reich an kristallinischer Substanz ist. Kristalle finden sich aber auch in dem noch weichen Harz. Der Geruch ist fenchelartig, der Geschmack würzig, etwas bitter. Das Harz ist oft mit Holzteilchen verunreinigt, auch mit Rußteilchen, die von dem Gewinnungsprozeß (s. unten) herrühren. Manila-Elemi ist der Hauptrepräsentant der im Handel befindlichen Elemiarten; es war früher (DAB. IV) offizinell.

b) Elemi von Mexiko und Yukatan. Herkunft angeblich von *Amyris Plumieri* (108). Frisches Harz ist grünlichgelb, altes kreidig. Der Geruch ist weniger stark als der des folgenden.

c) Elemi von Rio, von *Icica icicariba* (= *Protium icicariba* March. — *Amyris ambrosiana* L.) stammend. Festes Harz, das auch nach längerem Liegen noch grünlichgelb ist, riecht zugleich nach Fenchel und Terpentin. Es kommt im Handel nicht mehr vor.

d) Elemi von Guayana, von *Icica viridiflora* (= *Amyris guayanensis* Willd.) stammend. Die Hauptmasse ist weißlich, schon makroskopisch parallelfaserig aussehend. Innen zeigen sich grünliche Bänder, außen ein schwärzlicher Anflug. Die faserartige Struktur wird durch mikroskopisch erkennbare nadelförmige Kristalle hervorgerufen.

e) Elemiharz vom Belgischen Kongo (Bulunguharz) stammt von *Pachylobus edulis*. Es wird dem Manila-Elemi gleich geschätzt. Die Eingeborenen benutzen es als Räuchermittel, zu medizinischen Zwecken und als Parfumierungsmittel (109).

f) Elemi von Ocumé. Dieses in Gabon gesammelte Harz stammt nach

Übersicht über die Elemiharze

	a) Manila-Elemi	b) Yucatan-Elemi (Mexiko Elemi)	c) Rio-Elemi	d) Guayana-Elemi	e) Ocumé-Elemi	f) Gomartharz
Abstammung:	Unsicher[1]): *Icica abilo* (Blanco[2]), *Canarium commune*[3])	Unsicher. *Amyris Plumieri?*[4])	*Icica icicariba*	*Icica viridiflora*	Ancoumeaart[5])	*Bursera gummifera*
Beschaffenheit:	weich, klebrig, trübe, reichlich mit Kristallen durchsetzt; erstarrt nach längerer Zeit kristallin	mäßig hart, später ziemlich spröde	fest	ziemlich fest, faserige Struktur durch nadelförmige Kristalle erzeugt	kleine Brocken	große weißliche Stücke, innen weich. Makroskopische Kristalle senkr. zur Schichtengrenze. Inneres mikro-kristallin
Farbe:	gelblich bis grünlich, erstarrt mehr bräunlich	grünlich-gelb, ältere kreidig	grünlich-gelb, selbst ältere Stücke	weißlich, innen grünl. Streifen, schwärzlicher Anflug	schwärzlicher Anflug	außen weiß, innen grünlich
Geruch und Geschmack:	fenchelartig riechend; würzig, etwas bitter schmeckend	weniger stark riechend als c)	stark, terpentin- und fenchelartig			terpentinartig, erwärmt oder frisch gebrochen; kümmelartig
Bemerkung:	Haupt-Repräsentant der heute im Handel überhaupt seltener gewordenen Elemisorten				sehr unrein, stark mit Pflanzenresten (Blatt-Rindenstückchen) durchsetzt	
	meistens mit Holz- und Rindeteilchen verunreinigt, auch mit Rußteilchen (Gewinnung durch Schwelen!)					

[1]) Vgl. Vogl, Kommentar zur österr. Pharmakopöe 1892, 447. [2]) Flora de Filipinas, Manila 1845; Bot. Jahresber. 1870, 217. [3]) Nach Mitteilungen von Trimen an Wiesner; Tschirch, Harze und Harzbehälter. [4]) Berg, Pharmaz. Warenkunde. [5]) Mitteilung von Hanausek an Wiesner.

brieflichen Mitteilungen von Hanausek an Wiesner von einer Aucoumeaart ab. Es ist ein besonders unreines Harz, das sonst aber mit dem Harz von Guayana übereinstimmt.

g) Gomartharz auf Martinique und Guadeloupe gewonnen, stammt von *Bursera gummifera*. Das Innere ist grünlich oder gelblich. Die weißen Stellen erscheinen ohne Vergrößerung kristallinisch. Die Kristalle liegen senkrecht zu den Schichtengrenzen. Mikroskopisch zeigen sich gut ausgebildete Kristalle. Der Geruch ist terpentinartig, frisch aufgebrochen oder erwärmt zeigt das Harz kümmelartigen Geruch (110).

Gewinnung: Die Bäume werden zweimal im Jahre angeschnitten, die Schnittflächen werden bisweilen erwärmt, um das Ausfließen des zähen Harzes zu beschleunigen.

Die Harze haben, wie gesagt, durchweg anfangs terpentinartige Konsistenz, werden aber beim Aufbewahren fester, zum Teil spröde. Schon im weichen Zustande finden sich reichlich Kristalle, die aber unter dem Mikroskop nicht gut sichtbar sind, da sie gleichen Brechungsindex wie die amorphe Grundmasse haben. Im Polarisationsmikroskop sind die Kristalle leicht zu sehen, ebenso im gewöhnlichen nach Behandeln mit Alkohol, der die Grundmasse leichter als die Kristalle löst (111). Vgl. Abb. 5.

Die physikalischen Kennzahlen sind wenig bestimmt. Angaben über das spezifische Gewicht wie die von Brisson = 1,018, Pfaff = 1,083 haben nur für das eine betreffende Produkt Gültigkeit. Ähnlich verhält es sich mit dem Schmelzpunkt, der nach Schrötter (112) bei 120° liegt, nach Erweichen bei 80° (114). Über Löslichkeit siehe Tabelle S. 1098. Nach Mauch löst sich Elemi in der zehnfachen Menge einer 80%igen Choralhydratlösung zu einer trüben Flüssigkeit auf (113).

Über die chemische Zusammensetzung der Elemisorten hat Tschirsch mit seinen Schülern ausgedehnte Untersuchungen angestellt. Die von ihm durch fraktionierte Ausschüttlung und Fällung isolierten Bestandteile, die zum Teil vielleicht noch Gemische darstellen und deren Formeln keineswegs als feststehend anzusehen sind, sind in der Tabelle S. 1098 wiedergegeben.

Gemeinsam ist den Elemiarten das Amyrin (115), ein schön kristallisierender Harzalkohol $C_{30}H_{49}OH$, das Vesterberg über die Azetylderivate in ein α-Amyrin und β-Amyrin trennte, die bei 180—181,5° [nach Zinke (119) 183 bis 184°] bzw. 193—194° schmelzen und optisch aktiv sind.

Beide kristallisieren aus heißem Alkohol in langen Nadeln, die in kaltem Alkohol und Ligroin schwer löslich sind.

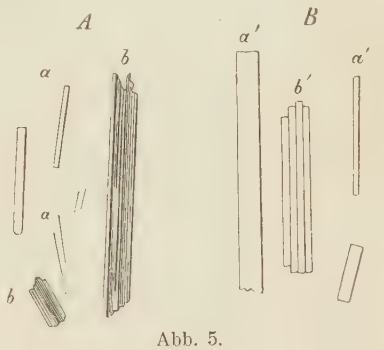


Abb. 5.
A Kristalle (*a*) und Kristallgruppen (*b*) aus Elemi, nach Behandlung des Harzes mit Weingeist. *B* Kristalle (*a'*) und Kristallgruppen (*b'*) aus Gomart, nach Behandlung des Harzes mit Weingeist. Vergrößert 300 mal.

Ein weiterer, indifferenter charakteristischer Körper für manche Elemiarten ist das bei 133,5° schmelzende, aus dem bei der Wasserdampfdestillation zurückbleibenden Wasser isolierbare Bryoïdin, das von Baup entdeckt, von Flückiger (116) näher untersucht und zu $C_{20}H_{38}O_3$ formuliert wurde.

Den Hauptbestandteil bilden die Resene, die Tschirch als Oxy-Sesquiterpene oder Oxy-Polyterpene $(C_5H_8)_3O$ auffaßt. In großen Mengen enthalten die weicheren Elemisorten ätherische Öle (Elemiöl). Diese Öle enthalten entweder vorwiegend d-Limonen oder d-Phellandren (117) und Pinen oder endlich fast ausschließlich Terpinolen.

h) Zu den Elemiarten ist auch das Ronimaharz oder Hyawagummi zu zählen, das von *Icica heptaphylla* Aubl. stammt. An Stelle des Amyrins enthält dieses das Icacin (118) $C_{46}H_{76}O$ oder $C_{47}H_{78}O$ (weiße Nadeln, Schmelzpunkt 175°). Das ätherische gelbliche Öl destil-

Zusammensetzung der Elemiharze[1])

	Amyrin ($C_{30}H_{50}O$) %	In Ammonkarbonat lösliche Säure	In Sodalösung löslich kr.	In Sodalösung löslich am.	In Kalilauge löslich	Resen	Bryoidin $C_{21}H_{42}O_8$ %	Ätherlösl. %
Manila-Elemi, weich	20—25	—	—	—	α-Manileleminsäure kr. 5—6 %, 215°[1]) β-Manileleminsäure am. 8—10°, 75—76°[4])	Manilaresen $C_{15}H_{30}O$ 30—35°, 63—65°	0,8—1	20—25
Manila-Elemi, hart	20—25	—	—	—	α-M wie oben 8—9 % β-M wie oben 6—8 %	wie oben aber 75—77°	1,0—1,5	7—8
Yucatan-Elemi	10—15	—	—	—	—	Yucataresen $C_{23}H_{44}O$ 60—70 %, 75—77°	—	8—10
Afrikanisches Elemi	20—25	—	—	—	Afeleminsäure am. 6—10 %, 97—98°	Afreleresen $C_{15}H_{24}O$ 40—50 %	—	15—20
Protium(Almessega)Elemi v. *Almessega branca*	30	—	—	Proteleminsäure, 25 %	—	Proteleresen 35—40 %	—	—
Caricari-Elemi	3	Isocarieleminsäure[2]), am., 5 %, 75—76°	Carieleminsäure[2]), 12 %, 215°	Carieleminsäure[3]), 20 %, 120°	—	Carieleresen $C_{24}H_{26}O_2$ 40 %, 75°	—	3
Carana-Elemi v. *Icica Carana* H. at B.	20—25	Isocarieleminsäure[2]), am., 2 %, 75°	Carieleminsäure[2]), 8 %, 215°	Carieleminsäure[2]), 10 %, 120°	—	Carieleresen $C_{15}H_{24}O$ 30—35 %, 70—73°	—	10
Mauritius- oder Colophona-Elemi v. *Colophonia Mauritiana*	25—30	Isocoleleminsäure[3]), am., 10 %, 120—122°	Coleleminsäure[2]), 3 %, 215°	β-Isocoleleminsäure[3]), 7 %, 120°	—	Coleleresen $C_{15}H_{24}O$ 30—35 %, 74—76°	0,5	3
Tacamahaca-Elemi	30—35	Isotaceleminsäure[3]), am., 2 %, 120—121°	Taceleminsäure[3]), 2 %, 215°	β-Isotaceleminsäure[3]), 2 %, 215°	—	Taceleresen $C_{15}H_{24}O$ 30—35 %, 75°	0,5	2

[1]) Abkürzungen: am = amorph; kr = kristallisiert; die % sind Ausbeute, die ° Schmelzpunkte. [2]) $C_{38}H_{55}\cdot COOH$. [3]) $C_{36}H_{55}COOH$.
[4]) $C_{43}H_{79}COOH$.

liert bei 260—270°, die höheren Anteile haben bläulichgrüne Farbe. Stenhouse und Gerres wiesen darin ein Sesquiterpen (Siedepunkt 264°) Konimen $C_{15}H_{24}$ nach.

Die Verwendung der Elemiharze ist sehr beschränkt; in der Fabrikation von Spritlacken sind sie als Sprödigkeitsverminderer benutzt worden. Die Anwendung bei Filzarbeiten und die erst jüngeren Ursprungs als Zusatz zu lithographischen Umdruckfarben dürfte heute höchstens ausnahmsweise stattfinden. Medizinische Verwendung heute sehr gering zu Salben und Pflastern. In der Schweiz und in Österreich ist es noch offizinell.

18. Euphorbiaceenharze. Von Crotonarten sind einige Lieferanten des Drachenblutharzes (s. Nr. 16). *Croton tiglium,* die Lieferantin des offizinellen Crotonöles, liefert in diesem Öl auch ein Harz, über das R. Böhm eingehende Studien gemacht hat (120). *Croton lacciferum* L. wird auch als Wirt für *Tachardia lacca* genannt, die Lieferantin des Gummilackes.

Pethilanthus tithymaloides Poit., Indien liefert ein von den Eingeborenen „Vattata mara" genanntes Harz, das in Alkohol und Äther unlöslich ist (121).

Das Harz von *Elaeococca vernicea* Juß (=*E. cordata* Bl. = *Dryandra vernicea* Corr.) soll auf Java zur Firnisherstellung benutzt werden (122).

Das Harz von *Euphorbia Tirucalli* stellt nach Rayband (123) braungelbe Stücke dar, die in Benzin leicht löslich, in Äther, Amylazetat, Chloroform, Schwefelkohlenstoff und Tetrachlorkohlenstoff löslich sind, schwerer in Amyl- und Methylalkohol, schlecht in Eisessig und Petroläther, unlöslich in Azeton. In Alkohol ist es zum großen Teil löslich. Es hat sehr hohen Gummigehalt und steht den Araucarienharzen nahe.

Euphorbium (Gummiresina Euphorbium) (Marokko). Euphorbium ist der eingetrocknete Milchsaft einiger Euphorbiaceen, vor allem der *Euphorbia resinifera* Bergh. Außerdem werden noch *Euph. canariensis* L., *Euph. officinalis* L. und *Euph. antiquorum* L. als harzliefernd genannt. Die als Hauptlieferantin anzusehende *Euph. resinifera* ist ein blattloses, bis zu 2 m hohes kaktusartiges Gewächs mit vierkantigen Zweigen. Der Milchsaft fließt in ungegliederten Schläuchen und tritt aus absichtlich an den Stengelkanten gemachten Einschnitten aus (124).

Äußeres: Die Handelsware besteht aus etwa linsen- bis höchstens haselnußgroßen Körnern von unregelmäßiger Form, die hellgelb bis bräunlich gefärbt sind. Das Harz läßt sich leicht zerreiben, und das Pulver bewirkt dann heftige Reizung und Entzündung der Schleimhäute, besonders reizt es zum Niesen. Der Geschmack ist brennend.

Bisweilen finden sich in den Körnern noch Pflanzenteile, wie die zweistacheligen Blattpolster, die dreiköpfigen Früchtchen und Blütengabeln. Auch sind oft Abdrücke der Pflanzenteile sichtbar.

Chemische Zusammensetzung: Die Zusammensetzung ist wenig untersucht. Neben wechselnden Mengen eines Pflanzengummis enthält das Gummiharz im eigentlichen Harzkörper einen vorläufig als »Resinol« anzusprechenden Stoff, das »Euphorbon«, das in farblosen Kristallen vom Schmelzpunkt 115 bis 116° erhalten wurde und optisch aktiv ist ($\alpha_D = +15°$). Diese Verbindung wurde von Flückiger (125) entdeckt, von Hesse (126), der die Rechtsdrehung erkannte, weiter untersucht. Otto (127) und Emmerling (128) gaben ihm die Formel $C_{30}H_{48}O$, die auch von Tschirch und Paul (129) angenommen wurde. Diese fanden auch noch in kleinen Mengen eine amorphe Harzsäure (Euphorbinsäure $C_{24}H_{30}O_6$) und ein Resen. Weiter wurden Apfelsäure und deren Salze gefunden und Kautschuk. Von diesem fand Thoms (130) im Milchsaft von *Euphorbia Tirucalli* 11%.

Prüfung: Im Gegensatz zu den meisten Gummiharzen gibt das Euphorbium mit Wasser keine Emulsion. Der Aschengehalt soll nicht mehr als 10 % betragen. Der Extraktionsrückstand nach erschöpfendem Ausziehen mit siedendem Alkohol soll nach dem Trocknen nicht über 50% betragen. Bei Unterschichtung des Petrolätherextraktes mit salpetersäurehaltiger Schwefelsäure entsteht nach Tschirch ein blutroter Ring.

Verwendung: Die Verwendung des Harzes beschränkt sich vornehmlich auf die als Reizmittel in der Tierheilkunde und als Bestandteil des Em-

plastrum Cantharidum. Es ist auch als Mittel vorgeschlagen worden, das als Beimengung zu Lacken den Anwuchs von Algen und Muscheln an Schiffe verhindern soll (131). Obwohl das Harz schon den alten Römern bekannt war, ist man über seine Abstammung erst seit Mitte des vorigen Jahrhunderts unterrichtet.

19. Galbanum. Dieses Gummiharz, auch Mutterharz genannt, in England und Frankreich gleichfalls als Galbanum, in den Pharmakopöen als Gummiresina Galbanum bezeichnet, stammt von der im nördlichen und mittleren Persien vorkommenden, zu den Umbelliferen gehörenden *Ferula galbaniflua,* vielleicht auch noch von einigen anderen Ferulaarten. Als Galbanum-Pflanzen werden noch angegeben: *Ferula rubricaulis, F. erubescens,* welche letztere längere Zeit als die wahre und einzige Stammpflanze des Mutterharzes galt, endlich *F. schair,* welche Borszow (l. c.) östlich vom Aralsee entdeckte.

Das Galbanum entsteht sowohl im Stengel als in der Wurzel der Stammpflanze, aber umgekehrt wie bei dem Asant wird das Galbanum hauptsächlich im Stamme gebildet. Es entsteht nach den von Tschirch (132) angestellten Untersuchungen in schizogenen Interzellularen, welche nach diesem Forscher im Stamme der *Ferula galbaniflua* sowohl mark- als rindenständig auftreten. Seltener kommt es vor, daß dem Holzteil des Gefäßbündels Gummiharzgänge eingefügt sind.

Die Gewinnung des Galbanums weicht von der der meisten Harze insofern ab, als nur das am Grunde des mächtigen Stengels und an der Blattstielbasis freiwillig austretende Harz gesammelt wird, ohne Anwendung künstlicher Verletzungen (133).

Äußere Beschaffenheit: Das Harz kommt in granis und in massis vor. Erstere Sorte besteht aus etwa haselnußgroßen, tropfenförmigen Körnern von gelblicher bis rötlichbrauner, auch wohl grünlichbrauner Farbe. Es erweicht schon bei Handwärme. Beim Schmelzen entwickelt es reichliche weiße Dämpfe, die auf Lackmus sauer reagieren.

Die Sorte in massis ist meistens gelb bis braun und bildet größere Klumpen, die reichlich Pflanzenteile und Sand einschließen. Die helleren Stücke pflegen rasch nachzudunkeln.

Der Geruch ist aromatisch und recht charakteristisch, der Geschmack harzig und bitter, aber nicht kratzend.

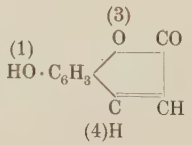
Die frische Bruchfläche ist muschelig, weißlich bis gelblich, glänzend, wenn auch bald matt werdend.

Zwischen den beiden Sorten scheint eine Verschiedenheit in Beziehung auf die Stammpflanze vorzuliegen, da nach Flückiger die Sorte in granis nach Befeuchtung mit Alkohol durch Salpetersäure rot gefärbt wird, die in massis nicht. Jedoch kann dies auch ein Zufall gewesen sein, da Flückiger diese Beobachtung an zahlenmäßig unzureichendem Material gemacht hat.

Das Harz ist nicht homogen, unter dem Mikroskop erkennt man eine homogene, wenn auch nicht klare Grundmasse mit Einlagerungen von kleinen Körnchen und rötlich erscheinenden Tröpfchen. Die Quellbarkeit und schließlich die Auflösung der Grundmasse im Wasser zeigt, daß sie aus Gummi besteht. Kugelförmige Gebilde, die neben sehr kleinen Körnchen sichtbar sind, dürften nach Wiesner aus Harz bestehen, das aus Lösung ausgefällt wurde, die Körnchen aus Harz, das beim Verdunsten des ätherischen Öls aus winzigen Balsamtröpfchen zurückblieb.

Chemische Zusammensetzung: Neben dem Gummi, dessen Menge etwa zwischen 15 und 25% variiert, findet sich eine beträchtliche Menge eines ätherischen Öls, das nach Gildemeister und Hoffmann (134) eine fast wasserhelle, nicht unangenehm riechende Flüssigkeit darstellt, die die Dichte 0,91 bis 0,94 hat, eine optische Aktivität von -10° bis $+20^{\circ}$ besitzt und in weiten Grenzen siedet. Wallach (135) und Brühl (136) fanden Kadinen $C_{15}H_{24}$ in der Fraktion 270—280°. Auch d-Pinen wurde aufgefunden.

Nach Tschirch und Conrady (137) ist das Harz ein Äther des Umbelliferons



mit einem Resinotannol [Galbresinotannol, dem sie die Formel $C_{18}H_{29}O_2 \cdot OH$ beilegen], Umbelliferon kommt in geringer Menge auch frei vor, 0,25 % (138).

Kocht man das zerriebene Harz eine Viertelstunde lang mit Salzsäure (1,19) und übersättigt das Filtrat dann mit Ammoniak, so fluoresziert es blau (Umbelliferon-Reaktion). Die offizinelle Galbanumsorte soll sich ferner bei Mazeration mit Salzsäure rot färben. Der Rückstand von der Alkoholextraktion soll höchstens 50%, der Aschegehalt nicht mehr als 10% betragen.

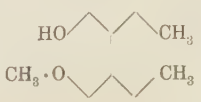
Die Verwendung des Galbanum als Heilmittel reicht bis ins Altertum zurück. Es fand innerlich als Menstruationsmittel Verwendung, eine Verwendung, die heute nicht mehr stattfindet. Auch als Excitans Anticatharrhale fand es Verwendung. Jetzt gelangt es, wenn auch ganz selten, zur Herstellung von Pflastern zur Verwendung, z. B. Empl. Lithargyri comp. Es dürfte jetzt wohl nur noch in einzelnen Landapotheken geführt werden. Es wird schon bei Dioscorides und Plinius erwähnt.

20. Guajakharz. Guajakharz (Resinum guajaci) ist das Harz der Zygophyllacee *Guajacum officinale* L., auch von *G. sanctum* L. Das Harz findet sich als physiologisches Harz im Kernholz in einer Menge von etwa 20%. Das Splintholz weist nur etwa 3% Harz auf. Das Holz von *G. sanctum* enthält weniger Harz.

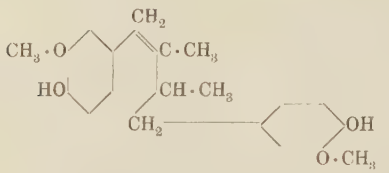
Gewinnung: Trotz der weiten Verbreitung von *Guajacum officinale* und von *G. sanctum*, dessen Holz in vielen Verbreitungsgebieten des Baumes (St. Domingo, Cuba, Venezuela, Columbien usw.) gewonnen und in großem Maßstabe ausgeführt wird, ist die Guajakharzgewinnung doch sehr beschränkt. Der Hauptgewinnungsort ist die Insel Gonaire an der Westküste von St. Domingo. Der freiwillige Austritt des Harzes ist zu gering, um eine Ausbeutung zu ermöglichen. Man vermehrt deshalb den Harzfluß durch Eingriffe. Entweder macht man Einschnitte bis tief in das Kernholz, aus denen dann das Harz in verstärktem Maße herausquillt. Es erstarrt bald nach dem Austritt zu Körnern von einem Durchmesser bis zu etwa 5 cm. Oder man bohrt durch etwa 1 m lange Stamm- und Aststücke der Länge nach Löcher und erwärmt die Stücke dann. Das Harz sammelt sich dann in der Bohrung an und fließt heraus. Man erhält so große dunkelgrüne bis rotbraune Harzklumpen. Die Oberfläche ist meistens grünlich bestäubt, die Kanten und Splitter sind durchscheinend. Die erste Sorte stellt die Sorte resina guajacis in granis, die letztere das in massis dar.

Der Geruch des Harzes ist aromatisch, dem des Benzoeharzes nicht unähnlich, der Geschmack scharf und kratzend. Die Dichte liegt etwa zwischen 1,23 und 1,25. Der Schmelzpunkt um 90° (139).

Chemische Zusammensetzung: Die Hauptbestandteile bilden die sogenannten Guajaconsäuren (140): die β-Guajaconsäure, eine kristallisierende Substanz vom Schmelzpunkt 127°, der die Formel $C_{21}H_{26}O_5$ gegeben wurde und die unempfindlich gegen Oxydationsmittel ist; die α-Guajaconsäure wurde bisher nur amorph gewonnen, sie ist weiß, färbt sich aber am Licht sehr leicht und ist gegen Oxydationsmittel sehr empfindlich; sie stellt den Hauptträger der »Guajakreaktion« dar, indem sie sich durch Oxydationsmittel aller Art zu einer tiefblauen Substanz oxydieren läßt. Ihre Formel wurde zu $C_{22}H_{26}O_6$ angegeben. Weiterhin hat man zu etwa 10% eine Guajakharzsäure gefunden, die aber nach neueren Untersuchungen von Schroeter, Lichtenstadt und Irineu (141) nicht einheitlich ist, sondern ein Gemisch zweier Verbindungen, der eigentlichen Guajakharzsäure und einer Dihydroguajakharzsäure: $C_{20}H_{24}O_4$ und $C_{20}H_{26}O_4$. Diese Verbindungen sind übrigens nicht Karbonsäuren, sondern Phenole. Dieses Gemisch liefert bei der trockenen Destillation eine kristallisierbare Verbindung — Pyroguajacin —, das wiederum bei der Zinkstaubdestillation einen Kohlenwasserstoff Guajen liefert. Durch Vergleich mit synthetischem 2-3-Dimethylnaphthalin wurde die Identität des Guajens mit dieser Verbindung endgültig von den oben genannten Autoren erwiesen. Das Guajacin ist ein Oxymethoxyguajen, wahrscheinlich der Formel:



Für die Guajakharzsäure nehmen die genannten Autoren die Formel in Anspruch:



Bei der Destillation würde dann die Zersetzung nach folgender Formel sich vollziehen, wobei die Abspaltung des Guajacols den Ringschluß zum Naphthalinkern vollziehen würde:

$$C_{20}H_{24}O_4 = C_{13}H_{14}O_2 + C_7H_8O_2 + H_2$$

Guajakharzsäure Pyroguajacin Guajacol

Das Guajakharz verstärkt bei erhöhter Temperatur seinen eigentümlichen Geruch und läßt gleichzeitig auch einen Beigeruch von Benzoe erkennen. Äther, Alkohol, Chloroform und Alkalien lösen es leicht und vollständig, Benzol, fette und ätherische Öle viel schwieriger auf. In Chloralhydrat löst es sich relativ leicht und die Lösung des Guajakharzes in diesem Mittel wird von Schaer statt alkoholischer als Reagens empfohlen. Nach R. Mauch löst sich ein Gewichtsteil Guajak in 7—8 Gewichtsteilen 80%iger wässriger Chloralhydratlösung. Konzentrierte Schwefelsäure nimmt es mit roter Farbe auf. Die Lösung des Guajakharzes in Alkohol (Guajaktinktur) hat eine braune Farbe, und wird wie das feste oder gepulverte Harz durch oxydierende Mittel (Chromsäure, Ozon, oxydierende Enzyme usw.) oder durch Einwirkung von Chlor, Jod oder Brom, desgleichen durch Eisenchlorid blau gefärbt. Am Lichte verliert die Guajaktinktur die Fähigkeit, durch oxydierende Mittel gebläut zu werden. Gebläute Guajaktinktur wird durch reduzierende Mittel entfärbt.

Verwendung: Das Guajakharz wird medizinisch und vielfach als Reagens (weingeistige Guajaktinktur, oder mit dieser imprägniertes Papier, Reagenspapier) verwendet, zum Nachweis von oxydierenden Wirkungen, z. B. zum Nachweis oxydierender Enzyme im Blut (van Deensche Blutprobe) usw.

Geschichtliches: Die ersten genauen Nachrichten über Guajakharz finden sich in einer Schrift Ulrich v. Huttens aus dem Jahre 1519. Es wurde etwa zehn Jahre vorher von den Spaniern aus St. Domingo nach Europa gebracht.

Nach Flückiger lernten die Spanier das Holz von *G. officinalis* 1492 auf St. Domingo und etwas später in Nicaragua kennen; dazu kam bald die zweite auf der Insel St. Ideaum, dem heutigen Puerto Rico, Lignum sanctum bezeichnete Sorte von *G. sanctum* (142). Valerius Codus (hist. Hispium) gibt an, daß Guajakholz spätestens um 1500 bekannt gewesen sei. 1517 berichtet in Deutschland der kaiserliche Leibarzt Leopold Poll, 3000 Menschen mit dem Holze geheilt zu haben. Ulrich v. Hutten (gest. 1523) machte 1519 in Augsburg angeblich mit Erfolg eine Kur durch, worüber er in seiner Schrift »De Guajaci medicina et morbo gallico liber unus« Mitteilung macht.

Der Ruf der Droge als Spezifikum gegen Syphilis hat etwa ein Jahrhundert gedauert.

Nachdem die Bedeutung des Guajaks für Lues jahrhundertelang in den Hintergrund getreten war, stellte 1905 Riecke (143) die Heilwirkung erneut fest. Das Harz hatte es in therapeutischer Beziehung nie zu der Bedeutung gebracht wie das Holz; weil man aber das Harz als wesentlichen Bestandteil des Holzes erkannte, schrieb man ihm auch die Heilwirkung zu (Zoernig).

Verwendung: Guajakharz und -holz wurden außer gegen Syphilis auch gegen chronische Gicht, Rheumatismus, Hautkrankheiten angewandt. Sie bilden einen Bestandteil des auch jetzt noch vielfach volkstümlich und wohl manchmal auch von der Schulmedizin verordneten Holztees (Spez. lignorum). Weiter wird das Guajakharz in alkoholischer Lösung als Reagens verwandt, s. oben.

21. Gummigutt (Gummi resina Gutti). Dieses Gummiharz (auch Gutti genannt, franz. goume goutte; engl. Camboje oder Cambogia) stammt von mehreren der Familie der Guttiferen angehörenden Bäumen.

Die Hauptmenge des im europäischen Handel vorkommenden Gummigutt rührt nach Hanburys Untersuchungen (1864) von *Garcinia morella* her. Das Gummigutt von Ceylon stammt von dem gleichen Baume (144), das von Hinterindien (Siam, Cambogia, Singapore) von der da-

selbst kultivierten Varietät *β-pedicellata* der genannten Spezies, die Hooker als selbständige Art aufgefaßt und als *Garcinia Hanburyi* (145) beschrieben hat.

Ferner liefern *Garcinia cochinchinensis* Chois. (Cochinchina, Molukken), *G. cambogia* Roxb. (146) und *G. pictoria* Roxb. (Indien), Gummigutt.

G. cambogia Desr., die früher allein als Stammpflanze des Gummigutts galt, gibt allerdings eine gummiguttähnliche Masse, aber von so geringem Werte, daß sie gar nicht auf den europäischen Markt gebracht werden kann. Ein gleiches scheint auch für *G. travancorica* zu gelten. Ein ebenfalls ganz geringes Produkt wird von dem auf Ceylon vorkommenden *Stalagmites ovalifolius* gesammelt. Auch jene gummiguttähnlichen Körper, die die in Südamerika vorkommenden Vismiaarten (*V. guaganensis, V. cayennensis* und *V. sessiliflora*) geben, kommen im europäischen Handel nicht vor (147).

Zusammenfassend kann hinsichtlich der Abstammung des Gummigutts gesagt werden, daß das Gummigutt des europäischen Handels von Garciniaarten stammt, besonders auf Siam und Ceylon, unter denen *G. Hanburyi,* ein 15 Fuß hoher (Tongvong genannter) Baum der wichtigste ist.

Über das Vorkommen des Harzsaftes in den Geweben der *Garcinia* widersprechen sich die Ansichten. Als Hauptsitz des Gummigutts dürften lange und große schizogene Sekretbehälter in der sekretorischen Rinde zu betrachten sein (148), die spärlich auch im Mark, in den Blättern und den Früchten auftreten. Nach den mikroskopischen Untersuchungen von Tschirch an Stämmen der *Garcinia morella* (149) führt die Innenrinde neben stärkehaltigem Parenchym zahlreiche stark verdickte unverholzte Bastfasern und einen Kranz großer schizogener Milchsaftbehälter von etwa 0,4 mm Weite mit innen unregelmäßigem, ziemlich mächtigem, weichem resinogenem Gummischleimbelag.

Nach den von Emma Ott gemachten Untersuchungen kommen reichlich Kalziumoxalatkristalle in der Rinde der *Garcinia morella* und der var. *β-pedicellata* vor. So erklärt sich das gelegentliche Auftreten von Kalziumoxalatkristallen im Gummigutt.

Schon in der Pflanze ist das Gummigutt in Form sehr feiner Körnchen in der stark quellenden Gummischleimschicht der Sekretbehälter verteilt. Wiesners Ansicht, daß das Gummigutt sich erst beim Anschnitt der Gewebe in der Weise bildet, daß sich gelöstes Harz mit wässrigen Zellsäften mischt und hierbei erst das Harz sich aus der Lösung ausscheidet, widerspricht Tschirch (150), nach dem außerhalb der Sekretbehälter gummihaltiger Saft nicht vorkommt.

Gewinnung: Die Gewinnung findet durch Anschneiden der Bäume und Auffangen des Gummisaftes statt, nach Jamie (151) am Ende der Regenzeit (Februar bis April). *Garcinia Hanburyi* ist nach Bunsen (152) vom zehnten Jahre an ertragfähig. Vom Juni bis Oktober werden (auf den Inseln Koh Rong, Koh Kong und Koh Chong, sowie auf der gegenüberliegenden Küste Indochinas) spiralförmige Einschnitte bis zu einer Höhe von 10 m gemacht. Der ausfließende Saft wird in Bambusrohren aufgefangen und in engere Rohre umgegossen, in denen er dann im Laufe eines Monats erstarrt. Nach Sprengen der Bambushülle über freiem Feuer wird das Gummiharz herausgenommen.

Die Gewinnung auf Ceylon soll einfacher sein, indem man den aus den Einschnitten fließenden Saft am Baum erstarren läßt und dann mit Messern ablöst. Auch soll eine minderwertige Sorte durch Auskochen der Blätter und jungen Fruchtschoten von *Garcinia morella* gewonnen werden (153).

Die Hauptmenge des Harzes kommt aus Kambodscha, von wo es zu den Handelszentren Bangkok, Saigun und Singapur geschafft wird.

Äußere Beschaffenheit: Gummigutt kommt in Stücken (»Kuchen«) und in Stangen (Röhren) in den Handel. Die erste Sorte bildet oft pfundschwere Klumpen, die zweite (bessere) Stangen von 3—6 cm Durchmesser, die der Länge nach undeutlich gestreift sind (Abdruck vom Inneren der Bambusrohre). Bisweilen findet man auch netzartige Struktur der Oberfläche, die anscheinend der Abdruck vom Inneren der Rinde ist, die zu Röhren geformt an Stelle der Bambusrohre zum Auffangen des Saftes gedient haben.

Die frischen Bruchflächen sind rotgelb bis hellbraunrot. Ältere Bruchstellen sind leberbraun, später mit einer dunkelgrünen Schicht überzogen (die am Gummigutt in Kuchen stärker ist als bei dem in »Röhren«). Der Strich ist zitronengelb bis orangegelb. Der frische Bruch hat Fettglanz, wird aber schon nach kurzer Zeit matt. Das Harz ist geruchlos, der Geschmack ist anfangs milde, gummiartig, dann aber kratzend. Die Dichte ist etwa 1,2.

In fettes Öl eingelegte Splitter zeigen unter dem Mikroskop eine homogene glasartige Grundmasse und darin suspendiert eine Unzahl kleiner kugelförmiger Körper. Die Grundmasse ist Gummi, die Körnchen sind Harz (154).

Abb. 6.
A Vergr. 40 mal. Ein Splitter von Gummigutt in Olivenöl präpariert. Homogene (aus Gummi bestehende) Grundsubstanz mit eingekitteten Harzkörnchen. Die Zonen (Z, Z) der muscheligen Bruchfläche sind senkrecht von Streifen durchzogen, welche aus Rißlinien zusammengesetzt sind. In der Mitte der Grundsubstanz ein Kristall von Kalziumoxalat. *B* Vergr. 300 mal. Ein Splitter von Gummigutt in Olivenöl präpariert, um die Harzkörnchen deutlich hervortreten zu lassen.

Emulsionen mit Wasser (s. unten) enthalten die Harzkörnchen in lebhafter Molekularbewegung, dagegen nur vereinzelt Stärkekörner. In schlechten Sorten sind auch Reste von prosenchymatischen (Bast-)Zellen, hin und wieder auch Parenchymelemente. In dieser, aber vereinzelt auch in den besten Sorten treten auch Kristalle von Kalziumoxalat auf. Losgelöste Splitter erscheinen in allen Färbungen von braun durch grüngelb bis smaragdgrün. Die flachmuscheligen Bruchstellen zeigen radiale unregelmäßig gestaltete Sprunglinien.

Das Harz ist in Alkohol und Äther leicht löslich. Als bestes indifferentes Lösungsmittel empfiehlt K. Dieterich (155) 2 Teile Alkohol und 1 Teil Wasser, die aber nacheinander angewendet werden sollen. Nach Mauch wird das Gummigutt schon von 5 Teilen 60%iger Chloralhydratlösung aufgenommen. Die Lösung ist sauer im Gegensatz zu der wässrigen Emulsion.

Chemische Zusammensetzung: Das Harz besteht aus etwa 20—27 % Gummi, einschließlich Wasser, und 70—80% Harz. Dieses besteht fast ausschließlich aus einer Säure der sogenannten Gambodjasäure (auch Cambogiasäure geschrieben) mit der äußerst unsicheren Formel $C_{20}H_{24}O_4$, die nach Hlasiwetz und Barth (156) bei der Kalischmelze Essig-, Butter-, Brenzweinsäure, Phlorogluzin und Isuvitinsäure liefert.

Tschirch und Lewinthal (157) haben dagegen aus dem Reinharz drei verschiedene Säuren gewonnen, die sie als α-, β- und γ-Garcinolsäure bezeichnen, deren erste etwa 13 und deren zweite etwa 80 % des Reinharzes ausmacht. Der α-Säure schreiben sie die Formel $C_{23}H_{28}O_6$, der β-Säure $C_{25}H_{32}O_6$ und der dritten $C_{23}H_{28}O_5$ zu. Die letzte färbt sich auch in ganz verdünnter Lösung mit Alkalien tiefrot.

Prüfung des Harzes: Das Harz liefert mit Wasser eine schöngelbe Emulsion. Mit Laugen geht es in Lösung, scheidet sich jedoch in konzentrierter Lösung mit einem größeren Alkaliüberschuß wieder aus. Auch von Ammoniak wird es gelöst. Die Emulsion mit dem doppelten Volumen Wasser darf unter dem Mikroskop nur ganz vereinzelt Stärkekörner zeigen, sonst liegt Verdacht auf Verfälschung mit Stärke vor. Der Aschengehalt soll nach dem D. A. B. V. nicht über 1 % betragen.

Verwendung: Das Harz findet heute nur noch wenig Verwendung. In der Medizin wurde es früher viel als drastisches Purgiermittel benutzt nach seiner Einführung in Europa (gegen Anfang des 17. Jahrhunderts) (158). Es wird heute hierzu kaum noch benutzt und dürfte wohl bald völlig aus dem Arzneischatz verschwinden. Ferner fand es früher viel Ver-

wendung zur Herstellung gefärbter Spritlacke sowie zur Herstellung von Aquarellfarben, wo es aber heute fast völlig durch Teerfarbstoffe u. dgl. verdrängt ist.

22. Gummilack (Stocklack, Schellack). Den Stocklack sah man früher als ein pflanzliches Produkt an, das bei einigen Bäumen durch den Stich eines Insektes, der Lacklaus Tachardia lacca, gebildet würde. Später machte sich die Meinung geltend, daß der Stocklack nicht ein rein pflanzliches Produkt sei, sondern eine Mischung pflanzlichen und tierischen Exkretes (159).

Heute ist durch die Forschungen englischer Entomologen, namentlich von E. Stebbing (160), sichergestellt, daß der Stocklack überhaupt nicht ein pflanzliches Exkret enthält, sondern rein tierischen Ursprungs ist. Obwohl daher, streng genommen, der Stocklack und seine Produkte gar nicht zu den Rohstoffen des Pflanzenreichs gehören, soll doch der Stocklack wenigstens in seinen wichtigsten Eigenschaften usw. hier abgehandelt werden, da man ihn auch fernerhin, der alten Gewohnheit folgend, doch zu den Harzen rechnen wird, zu denen er eigentlich eben nicht gehört.

Die Behandlung des Stocklacks in diesem Werk läßt sich auch dadurch rechtfertigen, daß die Tachardia lacca ganz bestimmter Pflanzen als Wirt bedarf und daher die Ausscheidungen der Tachardia, der Stocklack, sich nur auf bestimmten Pflanzen vorfindet. Wie wir sehen werden, gibt es bei den verschiedenen in Betracht kommenden Pflanzen auch Verschiedenheiten des Stocklackes, so daß es fast scheinen könnte, als ob die Pflanze doch, wenn auch nur indirekt (als Nahrungsspender?) einen gewissen Einfluß auf die Bildung des Stocklackes habe.

Nach Lindsay und Harlow (161) sind die wichtigsten »Futterpflanzen« des Insektes in erster Linie *Schleicheria trijuga, Zizyphus Jujuba* und *Z. xylopyrus* und *Butea frondosa.* Ferner kommen noch *Ficus religiosa* L., *Acacia arabica* Willd. und *Cajanus indicus* Spreng. in Betracht.

Die beste Sorte Stocklack wird von den Insekten auf der *Schleicheria trijuga* erzeugt (weshalb in Indien diese Sorte des Lackes nach dem indischen Namen des Baumes »Kusum« heißt).

Die Besetzung der Bäume durch die Tachardia findet statt, wenn diese im Larvenstadium schwärmen. Bei den Schwärmen, die von Kusum (*Schleicheria trijuga*) ausschwärmen, findet das etwa einen Monat später statt als bei den von anderen Bäumen ausfliegenden Insekten. (Eine Verschiedenheit der Art der Tiere konnte aber bisher nicht ermittelt werden.) Die Schwarmperiode dauert ungefähr 14 Tage. Nach dem Festsetzen bleibt die weibliche Larve unbewegt an Ort und Stelle. Die Weibchen der Sommerbrut werden in 6—8 Wochen, die der Winterbrut erst in mehr als 3—4 Monaten geschlechtsreif. Sie produzieren dann den Lack, der sie in einer dicken Kruste umhüllt. In dieser Lackhülle werden dann die Eier niedergelegt, wonach die Lackproduktion weitergeht. Die Weibchen schwellen dabei zu unförmigen Gebilden an und sterben schließlich ab.

Gewinnung des Lackes und Herstellung des Schellacks: Die mit dicken Krusten behafteten jungen Triebe und Zweige (es werden meist nur solche von einem Höchstalter von etwa drei Jahren von den Insekten befallen) werden abgebrochen. Dieses Produkt, mit Holzteilchen, Pflanzenteilchen, Sand usw. verunreinigt, heißt Stocklack. Die Reinigung des Stocklackes wird so vorgenommen, daß der Stocklack zunächst zerkleinert wird. Er heißt dann Körnerlack (Grainlac).

Der ungewaschene Körnerlack wird nun einer Wäsche mit Wasser unterworfen. Er wird in Ton- oder Zementgefäße von kesselartiger Form geschüttet und Wasser darauf gegeben. Nach eintägigem Stehen wird der Lack in dem Kessel durch Treten mit den Füßen durchgearbeitet. Der dies besorgende Mann hält sich dabei an einer reckartig befestigen Querstange fest. Die Holzteilchen werden dabei zum Teil abgeschwemmt und vor allem wird ein im Stocklack befindlicher Farbstoff (s. unten), das lac dye, herausgewaschen. Der gewaschene Körnerlack (seedlac) wird nun nach der Größe der Körner sortiert. Die Auslese der größten Körner heißt indisch »Chaori«, die zweite Sortierung »Karola« oder »Kuni«, führt die Bezeichnung »Molamma«. Chaori- und Karola-Sortierung vom Kusumbaume hat eine schöne gold-

gelbe Färbung, die übrigen sind dunkler bis tiefbraun.

Die weitere Prozedur umfaßt das Schmelzen des Lackes und eine sehr originelle Filtration. Der Lack wird geschmolzen und in Baumwollschläuche von etwa 10 m Länge und 10 cm Durchmesser gefüllt. Dann werden diese Schläuche über Feuer erwärmt und zusammengewrungen, wobei der Lack ausgepreßt wird. Dieser wird mit spachtelartigen Instrumenten abgekratzt und auf Blätter oder Tonscheiben aufgestrichen. Nach Erkalten wird er abgelöst und zerbrochen, wobei sich die bekannte Blätterform des Schellacks ergibt.

Zusammensetzung des Stocklacks und Schellacks: Schellack und Stocklack unterscheiden sich in der Zusammensetzung nur durch den Gehalt des letzteren an Farbstoff (Lac-dye, vgl. Farbstoffe).

Das eigentliche Harz ist nach den neuesten Forschungen von Harries und Nagel (163) im wesentlichen eine anhydridartige oder laktonartige Verkettung von Oxysäuren. Die eine derselben, die Aleuritinsäure, war bereits von Tschirch (162) entdeckt und als eine Oxyfettsäure charakterisiert worden. Harries und Nagel wiesen aber nach, daß die ursprünglich von Tschirch angenommene Formel (Trioxydidekylsäure) falsch war, und daß es sich um eine Trihydroxypalmitinsäure $C_{16}H_{32}O_5$ handelt. Der andere Komponent ist eine zweibasische Säure, wahrscheinlich eines hydroaromatischen Kernes. Sie hat die Formel $C_{15}H_{20}O_6$ und wurde als Schellolsäure bezeichnet. Der Schmelzpunkt der Aleuritinsäure bzw. Schellolsäure ist 102° bzw. 200°.

Außer diesen Hauptbestandteilen enthält der Stocklack und Schellack eine wachsartige Masse, das sogenannte Schellackwachs. Dieses hat Tschirch mit Lüdy jun. (164) untersucht. Durch siedenden Alkohol wurde ein kristallisierender (Schmelzpunkt 82°) Wachsester aus dem Schellackwachs herausgelöst, dessen Alkohol nicht wie früher angenommen $C_{26}H_{54}O$, sondern ein neuer Alkohol $C_{24}H_{50}O$ ist, den die genannten Autoren Tachardiacerol nennen. Über die an das Tachiardiacerol gebundene Wachssäure konnte noch nichts Näheres ermittelt werden. Den in heißem Alkohol unlöslichen Teil des Wachses hatte Gascard (165) ebenfalls als einen Wachsester erkannt zwischen einem Alkohol $C_{32}H_{66}O$ (Laccerol) und einer Säure $C_{32}H_{64}O_2$ (Laccersäure).

Betreffend die Löslichkeit des Schellacks in den üblichen organischen Lösungsmitteln siehe Tabelle. Eine besondere Bedeutung hat die Löslichkeit des Schellacks in Lösungen von Alkalien und alkalisch reagierenden Salzen, besonders Soda und Borax. Die Löslichkeit in diesen Lösungen beruht nicht wie bei den aus freien Resinosäuren bestehenden Harzen, wie Kolophonium, auf der Bildung von wasserlöslichen Alkalisalzen, sondern ist nach den Versuchen des Verfassers auf kolloid-chemische Vorgänge zurückzuführen und als »Peptisation« zu bezeichnen (166).

Von praktischer Bedeutung ist auch, wenigstens beim gebleichten Schellack (s. unten), die eigenartige Löslichkeitsveränderung, die man beim Schellack findet: Bei sehr langer Lagerung, wie dies während des Krieges der Fall war, kam es vor, daß Schellack seine ursprüngliche Alkohollöslichkeit verlor, ohne daß, wie Verfasser feststellen konnte, die Kennzahlen sich änderten. Von gebleichtem Schellack war es schon lange bekannt, daß seine Löslichkeit relativ rasch abnimmt und zur bloßen Quellbarkeit wird. Da die Löslichkeit beim Aufbewahren unter Wasser weit länger erhalten bleibt, schloß Verfasser, daß die Löslichkeitsveränderung kolloidchemischer Natur ist, und zwar eine Dispersitätsvergröberung, wie sie durch geringe Säuremengen, die gebleichter Schellack von der Fabrikation her enthält, so oft bewirkt wird. Das längere Löslichbleiben des gebleichten Schellacks beim Aufbewahren unter Wasser glaubte Verfasser auf Verringerung der H-Ionen-Konzentration zurückführen zu können (167).

Diese Anschauung der Säurewirkung wurde bestätigt durch höchst wichtige Befunde von Harries und Nagel (163). Diese fanden, daß unter der Einwirkung geringer Mengen von Salzsäure in Äther der Schellack seine Alkohollöslichkeit verliert. Sie konnten ein Produkt herstel-

len, das nicht nur in Alkohol unlöslich war, sondern sich auch — im Gegensatz zu dem ursprünglichen Schellack — durch wässrige Kalilauge nur in minimalem Maße hydrolysieren ließ und überdies nicht bei etwa 100 ° schmolz, sondern sich bei etwa 250 °, ohne zu schmelzen, zersetzte.

Daß keine chemische Veränderung eingetreten war, erwiesen Harries und Nagel dadurch, daß sie durch bloßes Umfällen das unlösliche Produkt wieder löslich machen und ihm die normalen Eigenschaften wieder erteilen konnten.

Handelssorten: Außer dem oben genannten Stocklack und Körnerlack werden bei dem vom Farbstoff befreiten Schellack nach Farbe vielfach unterschieden ffein, fein, mittel, dunkel, orange, braun und Rubinschellack. Die hellste Sorte des Schellacks heißt Lemonschellack. H. G. Schellack (d. h. high grade of orange) ist ein noch heller Schellack, während M. G. Schellack (= medium grade of orange) schon etwas dunkler ist. Die Farbe dieser Sorte ist oft ansehnlicher gemacht durch einen geringen Zusatz von Auripigment. Die Standardmarke (ziemlich dunkel) wird T-N. genannt. Die Herkunft der Bezeichnung ist dunkel, die Ausdeutung als truly native sicher falsch. Nach der Form wird auch Blätterschellack von Knopflack (buttonlac) unterschieden, der meistens erheblich mit Kolophonium verschnitten ist. Dasselbe ist übrigens auch vielfach beim Rubinlack der Fall (168).

Verwendung des Schellacks: Bedeutend ist die Verwendung zur Herstellung von Spritlacken, besonders zum Lackieren und Polieren von Holz. Es gibt bisher kein Harz, das ebenso harte und zugleich elastische Lacküberzüge ergibt. Da wo die Eigenfärbung des Schellacks noch stört, wie z. B. beim Lackieren von hellen, naturfarbigen Gegenständen, verwendet man gebleichten Schellack. Das Bleichen wird durch Zugabe von unterchlorigsauren Salzen zu Lösungen von Schellack in Sodalösungen vorgenommen. Der gebleichte Schellack wird dann durch Mineral- oder Essigsäure ausgefällt und säurefrei gewaschen; geringe Säuremengen bleiben aber, an den Schellack adsorbiert, doch stets zurück. Dann wird er zu zopfartigen Gebilden geformt (vielfach auch »Puppen« genannt).

Eine große Rolle spielen die Lacke auch als Schutzüberzüge für Metallgegenstände, wo sie heute aber durch Zaponlacke (Nitrozelluloselacke) verdrängt sind. Ebenso wird Schellack als Isoliermaterial in der Elektroindustrie verwendet, zum Teil als Klebmaterial zur Herstellung von Glimmerplatten, als Isoliermaterial, zur Herstellung von Isolierpapier, Kitt usw. Ferner dienen Schellacklösungen zum Steifen von Filzhüten, als Lederappreturen, zur Herstellung von Grammophonplatten, von feineren Siegellacksorten usw.

Statistisches: Aus Siam betrug 1923 die Ausfuhr von Stocklack rund 28 000 Pikuls, von denen über 3000 nach den Vereinigten Staaten gingen (169).

23. Gurjunbalsam. Diese dem Kopaivabalsam (Nr. 29) nahestehende Ware wird auch als Gardschanbalsam, von den Pharmakopöen als *Balsamum Dipterocarpi* oder als *Bals. Garjanae* (Gurjanae) bezeichnet. (Der gelegentlich vorkommende Name »wood-oil«, Holzöl, ist geeignet, Verwechselung mit dem trocknenden fetten Öl von *Aleurites Fordii* und *Al. cordata* hervorzurufen.) Dieser Balsam stammt von mehreren südostasiatischen Dipterocarpus-Arten. Vornehmlich werden folgende Arten als Stammpflanzen des Gurjunbalsams genannt: *Dipterocarpus alatus* (Hinterindien), *angustifolius* (Hinterindien), *gracilis* (Java), *hispidus* (Ceylon), *ceylanicus* (Ceylon und Java), *incanus* (Java, desgleichen alle folgenden Arten), *litoralis, retusus, trinervis* und *turbinatus, Hardwickia pinnata* Roxb. (Indien) (170).

Der Balsam wird sowohl in der Rinde als in der Peripherie des Markes gebildet und tritt in schizogenen, später auch lysigen werdenden Sekretbehältern auf. Nach Brandes (171) erreichen die balsamführenden Kanäle einen Durchmesser bis zu 2 cm.

In der regenlosen Zeit werden die Stämme der genannten Bäume angebohrt, worauf der Balsam — in Britisch-Indien häufig als »Kanyinoil« bezeichnet — massenhaft hervorquillt (171). Häufiger unterstützt man das Austreten des Balsams durch Einleitung eines Schwelungsprozesses, indem man die Stämme anschneidet und in der Nähe der Wundstelle am Boden ein Feuer anmacht (172). Jeder Baum

gibt bei einmaligem Anschnitt bis 70 Liter Balsam.

Im »Tropenpflanzer« wird angegeben, daß in die Bohrwunde zur Beschleunigung des Balsamflusses glühende Kohlen gelegt werden. Ein Baum liefert durchschnittlich 80 Liter, maximal 200 Liter Balsam (172).

Äußeres: Der Gurjunbalsam ist dichroitisch (im Gegensatz zu dem Kopaivabalsam, mit dem er sonst viel Ähnlichkeit hat). Er ist grünlich im auffallenden und rötlichbraun im durchfallenden Lichte. Er fluoresziert, namentlich in starker Verdünnung, grün. Meistens ist er trübe und nur in dünner Schicht klar. Nach Flückiger (170) ist die Dichte 0,947—0,964, die des in ihm enthaltenen ätherischen Öles 0,918.

Der Geschmack ist bitter (stärker als der Kopaivabalsam). Die wässrige Ausschüttelung ist sauer und enthält Bitterstoff, er gibt mit Gerbstoffen einen weißen Niederschlag.

Im Gegensatz zu dem Kopaivabalsam löst sich der Gurjunbalsam nur unvollständig in Alkohol. Nach Tschirch und Weil (173) wird die bei einem Verhältnis von 1 : 1 trübe Mischung bei weiterem Alkoholzusatz wieder klar. Ähnlich wie der Kopaivabalsam erhärtet auch der Gurjunbalsam mit Erdalkalien.

Chemische Zusammensetzung: Infolge verschiedener Mengen an ätherischem Öl sind die Balsame dünn bis dickflüssig (45—72% ätherisches Öl).

Das ätherische Öl siedet zwischen 225 bis 256°, hat Volumengewicht (15° ?) 0,915—0,930, meist linksdrehend $[\alpha]_D$ = — 35 bis — 130°, selten rechtsdrehend und besteht vorwiegend aus zwei Sesquiterpenen (und Gurjunen $C_{15}H_{24}$). Tschirch erhielt aus drei Balsamen etwa 80—82% optisch inaktives Öl.

Der in Alkalien nicht lösliche Harzkörper enthält 16—18% eines Resens (Gurjoresen $C_{17}H_{28}O_2$).

Verschiedene Balsame setzen einen Bodensatz ab, den schon Hirschsohn beobachtet hatte. Tschirch isolierte aus diesem eine kristallinische Substanz (Schmelzpunkt 131—132°, Gurjuresinol $C_{15}H_{25}OH$). Weitere Untersuchungen (174) ergaben Identität mit Hirschsohns Neutralkörper, Ketos Kopaivasäure und Machs Metacholestol (175).

Aus einem Balsam aus Java von *Dipterocarpus turbinatus* wurde das gut kristallisierende Gurjuturboresinol gewonnen (Schmelzpunkt 126—129°, $C_{20}H_{30}O_2$), identisch mit Brix' Kopaivasäure (Merck) und Tromsdorffs Metakopaivasäure.

Verwendung: In den Heimatländern wird der Gurjunbalsam als eine Art Anstrichmasse verwendet, sowohl für sich als auch mehr oder weniger verdickt mit Farbkörpern vermengt. In Europa wird er an Stelle von Kopaivabalsam benutzt, vor allem diente er viel als Verfälschungsmittel, läßt sich aber durch Farbenreaktionen verhältnismäßig leicht entdecken.

Farbenreaktion (176): 5 Tropfen des zu untersuchenden Materials werden in 5 ccm Eisessig gelöst und die Lösung wird mit 2 ccm Zinnchlorürlösung tüchtig geschüttelt. Gurjunbalsam gibt dann eine tiefrote Färbung.

Gurjunbalsam wird zuerst 1811 von Franklin als ein Erzeugnis aus Awa (Birma) erwähnt, O'Slaugnessy entdeckte 1812 die Wirkung, die der des Kopaivabalsam ähnlich ist (177).

24. Guttiferenharze. Über Garcinia- und Vismia-Arten siehe Gummigutt. *Garcinia sp.*, Java, liefert ein Harz, genannt »Dammar Kandis« (178), *G. collina* Vieil., Neu-Kaledonien, gibt ein gummiguttähnliches Harz (179). *Calophyllum inophyllum* L., Ostindien, Cochinchina, und *C. tacamahaca* Willd., Madagaskar, werden als Stammpflanze des Tacamahacaharzes genannt (180). *Calophyllum longifolium* Humb. et Bomp., Südamerika, liefert ein Harz (Mainaharz) (181).

Ein unter dem Namen »Anani« in Brasilien bekanntes Harz wird von *Moronobea coccifera* Aubl. (Südamerika, Westindien) geliefert und zum Kalfatern der Schiffe verwendet (182). Es wird auch als »résine mani en pairs« bezeichnet (183), auch als Mani, Manil und Hoggum (184). Auch resina de paraman. Ein in den Tropen der Früchte halber häufig kultivierter Baum *Mammea americana* L., liefert in Venezuela ein Harz, resina de mammey (185).

Haronga madagascariensis Chois., Madagaskar, liefert ein rotes Rindenharz, das die Eingeborenen zum Festkitten der Pfeilspitzen verwenden (186).

25. Jalappeharz. Das Harz wird aus den Jalappeknollen gewonnen, den

knollig verdickten Nebenwurzeln von *Ipomoea purga* Hayne (= *Ipom. jalappa* Nutt. = *Ip. Schiedeana* Zucc. = *Exogonium purga* Benth. = *Convolvulus purga* Wend. = *Conv. officinalis* Pellet). Heimat der Pflanze sind die Gebirgsländer des östlichen Mexiko. Auf Ceylon und Jamaika ist die Pflanze in Kultur genommen worden. Die Knollen werden nach Entfernung der Wurzelzweige und der dünneren Wurzelspitze erst an der Sonne, dann in Netzen über freiem Feuer oder in heißer Asche getrocknet, wobei zur Beförderung der Trocknung größere Knollen aufgeschnitten oder gespalten werden.

Die Knollen enthalten in ihrem Milchzellensaft das Jalappeharz (bis zu 22%, es wird mindestens ein Gehalt von 10% alkohollöslichem Harz verlangt). Das Harz wird gewonnen, indem man die grob zerkleinerten Knollen mit Alkohol auszieht und abpreßt oder perkoliert.

Das Harz ist leicht brüchig, mit glänzendem Bruch. Es bildet schmutzig graue bis braune und gelbbraune Massen, die an den Rändern oder in kleinen Splittern durchscheinend sind. Der Geschmack ist kratzend und ziemlich widerwärtig.

Chemische Zusammensetzung: Die Zusammensetzung des Harzes ist noch weit von der Aufklärung entfernt. Es scheint sich hier um außerordentlich komplizierte Mischungen zu handeln. Sicher ist, daß es sich um Körper glukosidischer Natur handelt. Der erste, der einen solchen Körper in den Harzen der Tubifloren nachwies, war G. A. Kayser (187), der ihn Rhodeoretin nannte. Von Mayer (188) wurde er dann als Convolvulin bezeichnet. Die Formeln, die man diesem Stoffe gab, waren sehr verschieden, so nach Kromer (189) $C_{61}H_{108}O_{27}$, nach Taverne (190) $C_{32}H_{62}O_{16}$, nach Hoehnel (191) $C_{51}H_{96}O_{24}$. Alle diese Formeln können keinen Anspruch auf Wahrscheinlichkeit machen. Es handelt sich sicher um Gemenge, von denen allerdings sicher ist, daß sie Glukoside enthalten. Bei der Hydrolyse wurde eine ganze Reihe von Zuckerarten festgestellt, so von Votocek (192) d-Glukose, zwei Methylpentosen, Rhodeose und Isorhodeose. Erstere ist, wie Müther und Tollens in Übereinstimmung mit Votocek fanden (193), der optische Antipode der Fucose (aus Fucus-Methylpentosan). Votocek isolierte dann später (194) noch Rhamnose. Hoehnel (l. c.) schied nach Behandlung des »Convolvulin« mit Barytlauge Methyläthylessigsäure ab, sowie zwei von ihm als Convolvulin-, bzw. Purginsäure bezeichnete Glukosidsäuren $C_{45}H_{80}O_{28}$ bzw. $C_{25}H_{46}O_{12}$. Aus der ersteren ergab sich nach Abspaltung der Zucker eine Säure $C_{15}H_{30}O_3$, die Convolvulinolsäure, die auch von Power und Rogerson erhalten wurde, die einen kristallisierten Äthylester darstellen konnten. Außerdem fanden sie noch einen zweiwertigen, den Phytosterolen nahestehenden Alkohol (Ipurganol) $C_{21}H_{32}O_2(OH)_2$. Die Convolvulinsäure aber und die Purginsäure sehen sie aber, sicher mit Recht, als Gemische an.

Dem Convolvulin ähnlich ist das Jalapin, das von *Convolvulus scammonia* L. und von *Ipomoea orizabensis* Led. stammt. Votocek fand auch hier Methylpentose (195), Power und Rogerson (196) fanden auch Sacharose und Skopoletin, 3,4-Dioxyzimtsäure, Hentriakontan, d-α-Methylbuttersäure, Tiglinsäure, Oxyhexadecylsäure und Jalapinolsäure, wahrscheinlich

$$C_2H_5\text{-}CH(CH_3)\cdot CH_2\text{-}CHOH\cdot(CH_2)_9\text{-}COOH$$

als Spaltstücke der nach ihnen als Gemisch zu betrachtenden Substanz.

In dem Harz von *Convolvulus scammonia*, das verschieden ist vom Scammonium, fanden dieselben Forscher gleichfalls Glukoside und Pentoside der Jalapinolsäure und deren Methyläther.

Ähnlich wie Jalapin dürfte auch das Turpethin von Kromer aus *Ipomea turpethum* zusammengesetzt sein. Votocek und Kastner fanden noch ein Rhamnosid (Turpethein) in zwei Modifikationen (197). Ipomein, das Produkt aus *Ipomoea pandurata* gibt nach Kromer Methylcrotonsäure und Ipomeinsäure $C_{34}H_{52}O_{18}$, die bei der Hydrolyse Ipomeolsäure, Zucker und β-Methylcrotonsäure liefert. Ebenfalls dem Jalapin nahe steht das aus *Ipomoea simulans* Haub. gewonnene Tampicin (198).

26. Japanlack. Der Japanlack*) (Rhuslack, japanisch urushi) hat mit unseren Lacken nichts zu tun, die Lösungen von Harzen und harzähnlichen Stoffen in Lösungsmitteln mit oder ohne Zusatz von trocknenden Ölen darstellen. Er ist vielmehr ein Naturprodukt.

Der Rhuslack ist der Saft des Lackbaumes *Rhus vernicifera* D. C. (*Rhus vernix* L., jap. Urushinoki), der in China, Japan und Indien vorkommt. In Japan und China wird er als Zierpflanze in großem Maßstabe kultiviert. In China soll auch eine andere Rhusart: *Rhus silvestris* Sieb. et Zucc. als Lieferantin von Lack verwendet werden. In Japan wird hauptsächlich zwischen dem 36. und 39. Breitengrade Lack gewonnen (199).

Nach Möbius kommt der Rhuslack in schizogenen Behältern der Rinde vor, die man mit Milchkanälen vergleichen kann. Die Gewinnung geschieht durch Anlegen von Einschnitten, die bis in den Bast hineinreichen. Die Einschnitte gehen wagerecht um den Stamm herum. Mit der Saftgewinnung wird bei einem Lebensalter der Bäume von 9—10 Jahren begonnen. Die Menge des austretenden Saftes ist sehr gering, so daß dieser aus den Einschnitten herausgekratzt werden muß. Man sammelt ihn in Holz- und Bambusgefäßen.

Der so erhaltene Rohlack (jap. Kiurushi) stellt eine grauweiße, mehr oder weniger dickflüssige Emulsion dar. Der im Hochsommer gesammelte Saft wird am höchsten bewertet, dann folgt der im Herbst gewonnene und endlich der im Frühling abgenommene. Der Hauptstamm liefert den besten Lack, geringer ist der der Äste und am geringsten der aus abgeschnittenen Ästen und Zweigen, der durch Auskochen mit Wasser gewonnen wird. Die Safterzeugung läßt durch das Anschneiden nach. Die keinen Saft mehr gebenden Bäume werden gefällt und der noch vorhandene Saft wird aus ihnen ausgekocht. Ein Baum liefert im Durchschnitt nur 54 g Lack.

Der Rohlack, dessen Dichte nach Korschelt (200) 1,02—1,038 beträgt, wird in sorgfältig verschlossenen Kübeln von je 3,7 kg Inhalt versandt. Der gute Verschluß ist sehr wichtig, da der Lack bei Luftzutritt erhärtet.

Die Reinigung besteht zunächst in einer Filtration, indem man den Lack nach einigen Angaben durch Baumwoll- oder Hanfstoff, nach anderen durch japanisches Papier aus Bastfasern von *Broussonetia papyrifera* preßt. Der so gereinigte Lack (jap. Ki-sho-mi) ist grau bis lohbraun, von schwachem süßlichen Geruch und hat Sirupkonsistenz.

Mikroskopische Untersuchungen von Rein (201) ergaben eine bräunliche Grundmasse mit eingestreuten größeren und kleineren Kügelchen. Die größeren, die nur spärlich vertreten sind, erscheinen farblos und lösen sich in Wasser. Die kleineren sind in Wasser unlöslich, aber löslich in absolutem Alkohol.

Mit der Angabe von Rein (201), daß sich 60—80 % in Alkohol (auch in Äther, Schwefelkohlenstoff und Benzol) lösen, steht die Angabe von Tschirch und Stevens (202) im Einklang, der bei einem filtrierten Lack 72,4% Alkohollösliches fand, 4% Wasserlösliches und einen Wassergehalt von 21,2%.

An der Luft dunkelt der Lack rasch nach und bedeckt sich mit einer unlöslichen Schicht, die ein Oxydationsprodukt des Hauptbestandteils darstellt, bewirkt durch eine in dem Lack vorhandene Oxydase (s. Zusammensetzung). Der Lack ist stark hautreizend (s. unten).

Zusammensetzung des Lackes: Den Hauptbestandteil des Lackes stellt ein früher für eine Säure gehaltenes zweiwertiges Phenol dar, das Urushiol (früher als Urushinsäure bezeichnet). Tschirch und Stevens hatten bereits (202) erkannt, daß es sich nicht um eine Säure handelt. Der wahre Charakter des Urushiols wurde aber erst durch die systematischen Untersuchungen des Japaners Majima aufgeklärt (203). Es ist ein Gemisch einer gesättigten Verbindung $C_{21}H_{36}O_2$ mit größeren Mengen ungesättigter Verbindungen der gleichen C-Anzahl (wahrscheinlich $C_{21}O_2H_{34}$, bzw. H_{32} bzw. H_{30}. Alle diese Verbindungen gehen durch Reduktion in den gesättigten Bestandteil

*) Es sei erwähnt, daß die europäischen und amerikanischen Japanlacke nichts mit dem Rhuslack zu tun haben, sondern nur Qualitätsbezeichnungen von gewöhnlichen Lacken, Emaillefarben usw. sind. Die Versuche, den Rhuslack in Europa einzuführen (Rhus-Kompagnie, Frankfurt a. M., 1899), sind fehlgeschlagen.

über, der kristallisiert erhalten werden konnte und von Majima als Hydrourushiol bezeichnend wird. Es liegt nach den weiteren Arbeiten des genannten Forschers ein zweiwertiges Phenol vor (wahrscheinlich Brenzkatechin), das eine unverzweigte Seitenkette mit 15 C-Atomen enthält, wie aus der Kaliumpermanganatoxydation (in Azeton) hervorgeht, die reichlich Palmitinsäure ergibt. Das Urushiol läßt sich demnach durch die Formel $(HO)_2 \cdot C_6H_3 \cdot (CH_2)_{14}CH_3$ darstellen. Eine Synthese des Hydrourushiol-Dimethyläthers gab dann die Gewißheit, daß das Hydrourushiol Pentadecyl(1)-dioxy(2,3)-benzol ist.

Die übrigen im Urushiol enthaltenen Verbindungen haben die ungesättigten Bindungen in der Seitenkette. Auch für den Ort der Doppelbindungen in der Seitenkette hat Majima schon Beiträge geschaffen.

Das Urushiol, dessen durchschnittliche Zusammensetzung $C_{21}H_{30}O_2$ entspricht, wurde von Majima auch im Chinalack gefunden (204), während sich im Tsuta-Urushi-Lack aus *Rhus orientalis* ein ähnliches Gemisch fand, Laccol, das gleichfalls zu einem »Hydrolaccol« reduziert werden konnte und das, da es eine um 2 C-Atome längere Seitenkette aufweist, wohl als ein Heptadecyldioxybenzol anzusprechen ist. Das Laccol gibt mit Eisenchlorid eine erst grüne, dann schwarze Färbung, ebenso das Urushiol. Dagegen färbte sich das entsprechende Produkt aus dem Thsitsilack oder Burmalack (von *Melanorrhoea usitata*) dauernd grün. Hieraus schloß Majima auf eine andere Konstitution dieser Verbindungen, die sonst in ihrer Bruttoformel dem Laccol entsprachen. Durch die Synthese der entsprechenden Verbindung wurde einwandfrei erwiesen, daß das Hydrothsitsiol Heptadecyl(1)-dioxy(3,4)-benzol ist. Im Burmalack überwiegt die Menge des Hydroproduktes gegenüber den ungesättigten Verbindungen, woraus die schlechtere Trockenfähigkeit dieses Lackes gegenüber den übrigen angeführten Produkten zu erklären ist.

Die Erhärtung des Japanlackes ist ein ähnlicher Vorgang, wie der der trocknenden Öle, zu denen die im Urushiol usw. enthaltenen ungesättigten Verbindungen durch ihre aliphatische Seitenkette ja auch beachtenswerte Beziehungen haben. Es ist eine Oxydation, die hier aber durch ein Ferment, eine Oxydase bewirkt, bzw. beschleunigt wird. Diese Oxydase, die mit einer Gummiart im Japanlack vergesellschaftet ist, von der sie bisher nicht getrennt werden konnte, verringert ihre Wirksamkeit schon bei Temperaturen von über 30 °, weshalb das Lackieren mit Japanlack bei 10—25 ° vorgenommen wird, wobei die Luft möglichst feucht zu halten ist, da auch in trockener Luft der Oxydationsprozeß nur langsam verläuft. Bei der Gerinnungstemperatur der Eiweißkörper (etwa 60—70 °) verliert die Laccase ihre Wirkung völlig, woraus zu schließen ist, zumal das Gummi-Laccase-Gemisch Stickstoff enthält, daß sie zu Eiweißkörpern in naher Verwandtschaft steht.

Wie bereits erwähnt, wirkt der Japanlack giftig, d. h. sehr stark hautreizend. Tschirch und Stevens fanden, daß die Giftwirkung ausschließlich von petrolätherlöslichen Stoffen ausgeht, die ihre Wirkung auch nach monatelangem Stehen in offenen Gefäßen nicht verlieren, also nicht, wie man früher angenommen hatte, flüchtig sind. Das Gift wirkt rein lokal, doch wird es, da es in den kleinsten Mengen schon bösartig wirksam ist, durch Verschmieren leicht verbreitet. Nach den genannten Autoren haftet das Gift sehr hartnäckig fest und ist nicht durch bloßes Waschen mit Wasser und Seife zu entfernen, sondern wird erst durch Waschen mit gepulvertem Bimstein, Seife, Soda und dann Seife und Soda unschädlich gemacht. Die Giftwirkung des Milchsaftes von *Rhus vernicifera* und *Rhus toxicodendron* ähnelt nach E. Rost der Primelwirkung (204a).

Verwendung: Der Rhuslack wird ausschließlich in den Produktionsländern verwandt und dient namentlich in Japan zur Herstellung der bekannten unnachahmlichen Lackgegenstände. Durch Zusätze von Öl, wie Leinöl, ferner von Farbkörpern, wie Indigo, Zinnober, Auripigment, Ruß, Gold, Silber usw. werden zahlreiche Lacksorten erhalten, die von den japanischen Lackierern in so kunstvoller Weise verwendet wurden. Denn auch diese Kunst nimmt in dem Maße ab,

wie die europäische Zivilisation die japanische Kultur verdrängt. Der gut getrocknete Anstrich mit Rhuslack ist gegen alle Säuren und Alkalien fast unempfindlich, wenn es sich nicht gerade um starke Salpetersäure handelt. Selbst jahrelanges Liegen im Meerwasser hat den Lackierungen nichts anhaben können. Auch ist die Elastizität ungemein hoch, was teils aus der Beschaffenheit der Substanz selbst zu erklären ist, teils aber auch durch die Art der Lackierung, bei der zahlreiche äußerst dünne Schichten aufgetragen werden, die naturgemäß elastischer sind als wenige dickere (205).

27. Kanadabalsam. Der Kanadabalsam (Therebinthina canadensis, Balsamum canadense der Pharmakopöen) stammt von *Abies balsamea* Miller (*Pinus balsamea*), vielleicht auch zum Teil von *Abies canadensis*. Die Angabe, daß er auch von *Pinus Fraseri* stamme, dürfte recht unglaubwürdig sein. Hauptgewinnungsland Kanada; Haupthandelsplätze Montreal und Quebeck.

Gewinnung: Der physiologische Balsam sammelt sich in sogenannten Harzbeulen in der äußersten Rinde an. Die Harzbeulen werden im Sommer angestochen und der ausfließende Balsam wird gesammelt. Das Anstechen kann nur alle 2—3 Jahre erfolgen.

Äußere Beschaffenheit: Der Balsam ist frisch farblos, wird jedoch beim Aufbewahren gelblich. Er erstarrt schließlich, bleibt aber auch dann völlig klar und auch unter dem Mikroskop homogen und durchsichtig. Der Geruch ist angenehm balsamisch, der Geschmack aromatisch, etwas bitter.

Die Dichte ist nach Flückiger (206) 0,998 (15°).

Chemische Zusammensetzung: Ein von Tschirch und E. Brüning (207) untersuchter Kanadabalsam enthielt 23—24% ätherisches Öl, das angenehm nach Melisse und Zitrone roch und bei 160—167° siedete und etwa zur Hälfte aus 2 isomeren, nicht kristallisiert erhaltenen Harzsäuren, der α- und β-Kanadinolsäure $C_{19}H_{30}O_2$, ferner einer amorphen »Kanadinsäure« $C_{19}H_{34}O_2$ (13%) bestand. Außerdem wurde noch eine geringe Menge einer kristallisierenden Harzsäure »Kanadolsäure« $C_{19}H_{28}O_2$ (0,3%) erhalten. Spuren von Bernsteinsäure und Bitterstoff wurden nachgewiesen und endlich 11—12% eines Resens.

Verwendung: Zum Einbetten von mikroskopischen Präparaten, zum Kitten von Gläsern und Linsen für optische Instrumente.

Ein im amerikanischen Handel erscheinender Balsam Oregonbalsam von *Pseudotsuga mucronata* Ludw. (= *Abies mucronata* Rafin. = *A. Douglasii* Lindl. = *Pseudotsuga* Carr.) ist dem Kanadabalsam ähnlich (208).

Ein Harz von *Pseudotsuga taxifolia* beschreibt S. A. Mahood (209). Es wird durch Auffangen beim Ausfließen aus gefällten Bäumen gewonnen oder durch Anbohren, endlich durch Abziehen aus Sprüngen im Holze, in denen es sich in Mengen bis zu 13 Liter ansammelt.

28. Kompositenharze. Aus dem Involukrum der griechischen Pflanze *Carlina gummifera* Less. fließt ein mastixartiges Harz heraus, das auf Tenos und Syros als Mastixersatz gelten soll. Der Saft der ganzen Pflanze ist giftig (210). *Libothamnus neriifolius* A. Ernst (= *Trixis neriifolia* Bonp.), Caracas, liefert ein weihrauchartiges Harz, Kreolen-Weihrauch (Incienso de los criollos) (211). Auch von *Ceradia furcata* Rich., Westafrika, wird ein Harz erwähnt (212).

29. Kopaivabalsam. Dieser Balsam (franz. baume de Copahu, engl. balsam Capivi; Balsamum Copaive der Pharmakopöen) stammt von mehreren südamerikanischen Copaifera-Arten. (Das Wort „copaiva" stammt aus der alten Tupissprache von „copa" = Baum- oder Harzsaft. Der Name Kopal soll den gleichen Ursprung haben.)

Die balsamliefernden Spezies sind noch nicht genau ermittelt. Als sicher kann angenommen werden, daß der aus Venezuela stammende Marakaibobalsam von *Copaifera Jacquinii* herrührt (213). Die Hauptmasse der Handelsware soll von *Copaifera Langsdorffii* abstammen, einem massenhaft in Brasilien auftretenden Baume. Auch *Copaifera coricea* (Brasilien) und *C. guayanensis* (Guayana, Nordbrasilien) werden in verläßlichen Quellen als Stammpflanzen des Kopaivabalsams bezeichnet. Als zweifelhaft ist die Herkunft von *C. rigida, C. oblongi-*

folia, multijuga, C. hijuga Hayne, *C. cordifolia* Hayne, *C. Jussieni* Hayne, *C. lara* Hayne, *C. martio* H., *C. Sellowii* H. zu bezeichnen.

Entstehung und Vorkommen in der Pflanze. Die Anwesenheit von Balsamgängen in der Rinde der *Copaifera*-Arten wurde zuerst von Berg konstatiert, später hat Lanessan solche Gänge auch in der Peripherie des Markes der Stammpflanze aufgefunden. Der Balsam entsteht aber zweifellos im Holzkörper, und es hat bereits Herm. Karsten (1857) nachgewiesen, daß das Stammholz der balsamliefernden Copaifera-Arten von Balsamgängen durchzogen ist, welche Zollweite erreichen können und den Stamm der ganzen Länge nach durchziehen (214). Nach den mikroskopischen Untersuchungen, welche Tschirch (1889) anstellte (215), sind diese Balsamgänge der *Copaifera*-Arten lysigener Natur. Ihre Entstehung beginnt im Holzparenchym; die Harzmetamorphose ergreift aber später auch die Gefäße. Vereinzelt angelegte Balsamgänge werden durch Verharzung von Markstrahlen verbunden, woraus sich ihre oft enormen Querschnittsdimensionen erklären. Bei der Entstehung des Kopaivabalsams geht die chemische Metamorphose der Zellhäute vom Zellinhalt aus und schreitet deshalb von innen nach außen fort. Lange bleibt noch die Interzellularsubstanz, nämlich die äußerste Zellhautschicht, erhalten; endlich geht auch diese in Lösung über. Es liegen keinerlei Anzeichen dafür vor, daß äußere Verletzungen die riesigen Harzgänge hervorrufen. Möglich ist immerhin, daß innere pathogene Prozesse die Ursache sind.

Die Gewinnung dieses Balsams geschieht nach Cross dadurch, daß man in die Stämme, die einen Durchmesser bis zu 2 m haben, mit der Axt eine »Kammer« einschlägt, deren Grundfläche nach vorn geneigt ist, damit der Balsam besser abfließen kann. Die Größe der Grundfläche ist etwa 0,1 qm. Die »Kammer« reicht durch das etwa 10—12 cm dicke weiße Splintholz in das rötlichbraune Kernholz hinein. Mittels eines von Blättern umhüllten Rindenstückes leitet man den Balsam in geräumige Blechgefäße. Der bald nach dem Anschlagen beginnende reichliche Balsamfluß ergibt je Kammer bis zu 50 Liter (216).

Der Balsamerguß erfolgt in Absätzen, bei denen nach kurzen Pausen ein gurgelndes Geräusch, angeblich durch Platzen der Balsamgänge bewirkt, erneutes Hervorbrechen des Balsams anzeigt.

Die wichtigsten Sorten sind der aus Südamerika stammende, nach dem Verschiffungsort genannte Parabalsam (so auch bei Verschiffung aus Maranhao genannt), der aus den Ufergebieten des Amazonenstromes und des Orinoco stammt. Weiter der Maracaibobalsam, der aus dem Inneren Venezuelas kommt und aus M. nur ausgeführt wird (217). Weniger Bedeutung haben der afrikanische (Illurin-)Balsam, der Surinamkopaivabalsam, endlich der bolivianische Kopaivabalsam von *Copaifera paupera,* der zwar äußerlich dem Maracaibobalsam sehr ähnlich ist, aber sich von ihm durch Rechtsdrehung der Ebene des polarisierten Lichtes unterscheidet (218), eine Eigenschaft, die bisher nur bei einem Illurinbalsam beobachtet wurde. Es sei noch erwähnt, daß man den von einer *Hardwickia* stammenden Illurinbalsam bisweilen auch den Gurjunbalsamen zurechnet.

Die Kopaivabalsame bestehen, ähnlich wie die Koniferenbalsame, aus ätherischem Öl, Resenen, Harzsäuren und wenig Bitterstoff. Der Gehalt an ätherischem Öl ist außerordentlich schwankend. Je weniger ätherisches Öl vorhanden ist, um so höher ist das spezifische Gewicht. Im Handel unterscheidet man daher auch geradezu dünnflüssige Balsame (vor allem Parabalsam) und dickflüssige (vor allem Maracaibobalsam).

Das ätherische Öl (219) stellt eine chwach oder stärker gelbliche, auch etwas bläuliche Flüssigkeit dar, vom charakteristischen Geruch des Balsams und bitterem, kratzendem Geschmack. $d_{15} = 0{,}90—0{,}91$, $[\alpha]_D$ von —7 bis —35° (220). Siedegrenzen etwa 250—275°. Von absolutem Alkohol wird es völlig, von 90%igem nicht mehr vollständig gelöst. An Bestandteilen wurde Caryophyllen $C_{15}H_{24}$ ermittelt Im Surinambalsamöl wurde die Gegenwart zweier Sesquiterpene nachgewiesen (221).

Die Menge des ätherischen Öls schwankt, wie gesagt, in außerordentlich weiten Grenzen. Für Parabalsam wird 60—90%, für Maracaibobalsam etwa 40% angegeben; in einem Surinambalsam fand Tschirch (222) 78 %.

An Harzsäuren, die fast alle gut kristallisieren, wurde eine ganze Reihe aus den verschiedenen Kopaivabalsamen isoliert; über ihre Konstitution ist aber nichts bekannt. Übrigens hebt Tschirch hervor (223), daß nicht nur die verschiedenen Balsame, sondern oft auch solche gleichen Namens, besonders Maracaibobalsam, Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung aufweisen.

Folgende Übersicht möge die wichtigsten aufgefundenen Bestandteile zeigen:

Maracaibobalsam (224).

Illurinsäure, $C_{20}H_{28}O_3$, Schmelzpunkt 128 bis 129° (1—1½ %).
β-Metakopaivasäure (225), $C_{22}H_{32}O_4$, Schmelzpunkt 89—90°.
Amorphe Harzsäuren.
Resene, löslich in ätherischem Petroläther, Chloroform, Benzol, Toluol und Schwefelkohlenstoff.
In Petroläther unlöslicher Rückstand (2—3%), der die grüne Fluoreszenz des Balsams bedingt.

Parakopaivabalsam (224).

Parakopaivasäure, $C_{20}H_{32}O_3$, Schmelzpunkt 145—148°.
Homoparakopaivasäure, $C_{18}H_{28}O_3$, Schmelzpunkt 111—112°.
Amorphe Harzsäuren.
Alkohollösliches Resen.
Alkoholunlösliches Resen.
Oxykopaivasäure, $C_{22}H_{34}O_3$ (226).

Im Illurinbalsam fanden Tschirch und Keto (223) die Illurinsäure (s. oben) in einer Menge von 2—3% neben amorphen Säuren und Bitterstoff. Der Balsam war braun mit grüner Fluoreszenz. Im Surinamkopaivabalsam wurde die von Schweitzer (227) entdeckte Kopaivasäure, $C_{10}H_{32}O_2$, Schmelzpunkt 116—117°, gefunden, sowie ein kristallisierter Sesquiterpenalkohol vom Schmelzpunkt 114—115°.

Kopaivabalsam unterliegt nicht selten Verfälschungen durch gewöhnliche Balsame (Terpentinbalsame), fette Öle, Mineralöl, Vaseline, besonders aber durch den ihm recht ähnlichen Gurjunbalsam, der allerdings durch seine spezifischen Farbenreaktion zu erkennen ist.

Die Hauptverwendung, ja wohl die einzige findet in der Medizin statt zur Behandlung von Hautkrankheiten, Ekzemen, zur Beseitigung von Parasiten innerlich (in Kapseln), gegen Gonorrhoe usw. Die Verwendung in der Parfumerie (Haarpomade) dürfte heute recht beschränkt sein. Die oft zu findenden Angaben, daß der Balsam in der Lack- und Farbenfabrikation verwendet wird, sind dahin einzuschränken, daß Kopaivaöle in der Kunstmalerei als Zusatz verwendet wurden; auch diese Benutzung dürfte heute geringfügig sein (228).

Geschichtliches: Der Kopaivabalsam ist als Heilmittel in Europa seit dem Anfang des 17. Jahrhunderts bekannt, kam aber erst im 18. Jahrhundert in allgemeinere medizinische Verwendung. Er wurde 1600 von einem portugiesischen Mönch in Brasilien entdeckt; 1636 erschien er in der Amsterdamer Pharmakopöe. Nachdem infolgedessen größere Quantitäten des Balsams nach Europa gelangten und der Preis der Ware gesunken war, fand das in den Heimatländern längst zu häuslichem Gebrauch und gewerblich benutzte Produkt nach und nach Eingang in Europa.

30. Kopale. Der Name Kopal ist ein Sammelname, der Harze sehr verschiedener Art und Herkunft umfaßt. Er soll von dem Worte copa (= Baum- oder Harzsaft) stammen, das der alten Tupissprache angehört. Vom gleichen Stamm leitet sich auch „copaiva" ab. Eine Definition des Begriffs „Kopal" zu geben ist, wie schon in der vorigen Auflage dieses Werkes richtig bemerkt wurde, unmöglich. Alle natürlichen relativ harten und relativ hoch schmelzenden Harze, die sich dem Aussehen dem Bernstein nähern, pflegt man als Kopale zu bezeichnen.

Die Baumarten, von denen die als Kopale üblicherweise bezeichneten Harze abstammen, sind noch nicht durchweg botanisch sichergestellt. Die Schwierigkeit rührt zum Teil auch daher, daß ein Teil der Kopale (und zwar gerade die wertvolleren) nicht unmittelbar von den Bäumen gewonnen, sondern aus dem Boden aufgelesen oder gar ausgegraben wird, an Stellen, an denen die Vegetation bereits zugrunde gegangen ist. In Beziehung auf die geographische Bezeichnung herrscht

ebenfalls keine Klarheit. Vielfach erscheinen die Kopale mit unrichtigen Ortsnamen im Handel. So wird der Sansibarkopal, wenn er über Bombay verschifft wird, auch als „Bombaykopal" bezeichnet, und falls er in Nordamerika gewaschen und „geschält" wird, auch mit dem Namen Salemkopal belegt. Als Bombaykopal erscheint andererseits auch wieder ein in Madagaskar gewonnenes Harz.

Die Einteilung der Kopale, die hauptsächlich in Afrika, Australien und Südamerika gewonnen werden, wird von verschiedenen Gesichtspunkten aus vorgenommen. Z. B. ordnet man die Kopale nach ihrer geographischen Provenienz und teilt sie in ostafrikanische, westafrikanische, australische und südamerikanische Kopale ein. Oder man klassifiziert sie nach ihrer Härte, eine Einteilung, die um so weniger zu empfehlen ist, als die Härte der gleichen Kopalart stark schwankt, so daß auch diese Angaben sich zum Teil widersprechen, wenn auch in Beziehung auf einige Kopale Übereinstimmung herrscht, indem Sansibarkopal die härteste und die südamerikanischen Kopale die weichsten Harze dieser Gattung darstellen.

Botanisch stammen die meisten Kopale von Bäumen ab, die zu den Caesalpinoideen, den Hymenaea- und den Trachylobiumarten gehören. Die Gewinnungsart der meisten Kopale unterscheidet sich von der der übrigen Harze dadurch, daß sie nicht unmittelbar nach dem Auftreten aus dem Stamm gewonnen werden und überhaupt nicht vom Stamme selbst abgelesen werden. Je nachdem die Kopale relativ kürzere Zeit nach dem Austritt aus der Pflanze oder nach langen Zeiträumen gewonnen werden, unterscheidet man »rezente« und »fossile« Harze, auch wohl ein Mittelding, das man als rezent-fossil bezeichnet. Die echten fossilen Kopale haben in ihrem ganzen Habitus große Ähnlichkeit mit dem Bernstein, der ja das Muster eines fossilen Harzes ist.

Die Besprechung der einzelnen Kopale soll hier, soweit dies möglich ist, nach botanischen Gesichtspunkten erfolgen, die im großen und ganzen mit der geographischen Einteilung parallel läuft.

I. Trachylobiumkopale.

a) Die ostafrikanischen Kopale, besonders der Sansibarkopal, die man früher fälschlich von den Hymenäen ableitete, stammen nach den bereits von Klotzsch (229) ausgesprochenen Vermutungen von *Trachylobium mossambicense* Klotzsch (= *Tr. Hornemannianum* Hayne = *Hymenaea verrucosa* Gaert. = *Cynometra Spruceana* Benth. = *Trachylobium martianum* Hayne). Den Nachweis erbrachte Kirk (230) durch den Befund von Blättern, Blütenknospen und Blüten dieser Pflanze in gegrabenem Sansibarkopal (s. u.). Nach Alfr. Stephan (231), der übrigens zwischen diesem Baum und *Trachylobium verrucosum* in der Anatomie der Zweige keinen Unterschied fand, bildet sich das Harz in schizogen angelegten Behältern des Stammes. Der Kopal, der unmittelbar vom Baume gewonnen wird (und keinen bedeutenden Handelsartikel bildet) wird von den Eingeborenen Sandarusi ya m'ti genannt und in der Literatur als »Baumkopal« bezeichnet. Wenn der Kopal auf den Boden gelangt, so erfährt er rasch eine Umwandlung, so daß aus dem rezenten Harz bald, schon bei Lebzeiten der großen Bäume, ein rezent-fossiles Harz entsteht, das sich dann auf oder nur wenig unter der Oberfläche des Bodens befindet, wenn die Bäume, teils durch die von den Eingeborenen vorgenommene Entrindung, teils durch Waldbrände oder auch durch Faulen und Ameisenfraß zugrunde gegangen sind. Dieser relativ junge Kopal heißt im Handel von Sansibar Chakazzi. Der echte Sansibarkopal findet sich meist tief im Boden an Stellen, an denen die ursprüngliche Vegetation stets längst zugrunde gegangen ist, woher erklärlich ist, daß man sich früher über die botanische Abstammung im Unklaren befand, da diese Kopale die eigentlichen wertvollen Handelsprodukte darstellen.

Die Gewinnung des Sansibarkopals wurde von Elton (232) geschildert. Das Sammelprodukt kommt auf den (afrikanischen) Markt; es ist ein Gemenge von Chakazzi und fossilem Kopal. Der Käufer trennt das fossile von dem noch jungen Harz. Nur das erste kommt in den europäischen und amerikanischen Handel.

Äußere Beschaffenheit und Handelssorten. Der Sansibarkopal bildet Körner und größere, meist flache Stücke bis zu einer Länge von etwa 20 cm, selten auch darüber. Das Innere des Harzes ist klar und durchsichtig, von blaßgelber bis rötlichbrauner Farbe. Die äußere Schicht ist opak und von dicht nebeneinander befindlichen Wärzchen besetzt, die man vielfach als »Gänsehaut« bezeichnet hat und die dem Sansibarkopal auch gelegentlich den Namen Gänsehautkopal eingetragen haben.

Die Erklärung der Entstehung dieser genarbten Oberfläche hat zuerst Wiesner gegeben. Er findet die Ursache in

Abb. 7.
Oberflächenschicht eines fast noch durchsichtig erscheinenden Mastixkorns mit Rißlinien und körnig streifig erscheinenden Erstarrungsfiguren. Vergr. 60.

der ungleichmäßigen Zusammenziehung der Zonen eines Harzkornes, aber gleichmäßiger Zusammenziehung der peripheren Schicht des Harzes. Letztere bedingt das Auftreten von regelmäßig angeordneten Sprunglinien (Abb. 7), die sich zu sechsseitigen Facetten vereinigen. Diese Facetten wittern vom Rande aus gegen die Mitte zu ab, indem sich allmählich neben den und unterhalb den abwitternden kleinen Facetten neue bilden. Hieraus ergibt sich, daß die großen Facetten am Rande tiefer als in der Mitte durch Abfallen neu gebildeter Facetten abwittern müssen, wodurch sich jede (große) Facette in ein Wärzchen verwandeln muß. Die große Regelmäßigkeit, mit der diese im Boden liegenden Kopale, offenbar in sehr langen Zeiträumen, sich zusammenziehen, erklärt die Regelmäßigkeit in Form und Anordnung der Wärzchen.

Der im europäischen und amerikanischen Handel erscheinende Kopal ist schon mehr oder weniger von diesen Verwitterungskrusten befreit, durch Behandlung mechanischer und chemischer Art, die teils in den europäischen Niederlagen an der afrikanischen Küste, aber auch in einigen Hafenstädten Europas und besonders auch in Nordamerika vorgenommen wird (s. o. Salemkopal).

Der Reinigungsprozeß wird als Schälen und Waschen bezeichnet. Das Schälen besteht in dem Abkratzen derVerwitterungskruste, insbesondere der äußeren erdigen Teile, das Waschen in der Behandlung der geschälten Harze mit Pottasche- oder Sodalösung zur Entfernung der Reste der Verwitterungskruste, die in diesen Lösungen leichter löslich ist als der klare Kern.

Bisweilen wird auch nur gewaschen, wozu der Kopal erst gesiebt wird und zur Wäsche nur solche Anteile genommen werden, die durch ein Sieb mit 1 cm Maschenbreite nicht hindurchgehen, da bei den kleineren Stücken die Verluste beim Waschen zu groß würden. Wenn nötig, werden die einzelnen Stücke nach dem Waschen, auf das stets ein Spülen mit Wasser folgt, noch mit dem Messer rein geschabt.

Die Handelssorten werden nach Größe der Stücke und Helligkeit sortiert und z. B. als schön hell großstückig, oder gewaschene Bohnen und Erbsen, oder fein sekunda in Stücken oder prima großstückig usw. bezeichnet.

Der Bruch des Sansibarkopals ist glasglänzend, stellenweise matt. Die Dichte wurde bei einem Exemplar von Meichl und Stingl zu 1,068 bestimmt. Die Härte ist größer als die aller anderen Kopale, aber geringer als die des Bernsteins. Durch Ritzen mit der Nadel erhält man auf frischen Bruchflächen Ritzlinien ohne jede Splitterung. Erst bei längerem Reiben auf der flachen Hand macht sich ein schwacher balsamischer Geruch bemerkbar. Beim Kauen zerfällt der Sansibarkopal in ein nicht an den Zähnen haftendes Pulver.

Chemische Zusammensetzung: Nach den Untersuchungen von Tschirch und Stephan (233) besteht der Sansibarkopal zu 80% aus einer

Harzsäure vom Schmelzpunkt 165°, die sie als Trachylolsäure bezeichnen und der sie die (höchst fragliche) Formel $C_{54}H_{85}O_3(OH)(COOH)_2$ geben. Ferner wurden 4% einer angeblich isomeren Säure mit dem Schmelzpunkt 105—107° gewonnen, deren Bleisalz im Gegensatz zu der Trachylolsäure in Alkohol löslich ist. Die indifferenten Stoffe (Resene) wurden durch Behandeln mit Äther in zwei Fraktionen zerlegt, von denen die eine, die in Äther löslich ist und den Schmelzpunkt 75—77° besitzt, von Tschirch und Stephan als α-Kopalresen bezeichnet wurde, während die unlösliche mit dem Schmelzpunkt von etwa 140° als β-Kopalresen benannt wurde. Die Menge der Resene ist zusammen 6%. Ferner wurden geringe Mengen eines hauptsächlich zwischen 200—215° siedenden Öles gefunden, Bitterstoff, und je etwa ½% Asche und »Verunreinigungen«. Es besteht keine Frage, daß die von Tschirch isolierten Säuren keine einheitlichen charakterisierten Substanzen sind, zumal es nicht gelang, sie kristallisiert zu erhalten. Jedenfalls ist erwiesen, daß das Harz wesentlich eine Harzsäure (oder ein Gemisch von solchen) darstellt.

b) Mosambik- (Mozambique-) Kopal stammt nach Gilg (234) von dem gleichen Baum wie Sansibarkopal und ist ihm überhaupt sehr ähnlich. Die Form ist die gleiche (Körner und flache Stücke, aber selten größer als 5 cm). Die Farbe ist meist weingelb bis rötlich. Die Facettierung ist weniger regelmäßig. Die Dichte ist die gleiche, die Härte ist eben merklich geringer, der Bruch flachmuschlig, glänzend. Die mit der Ritznadel erzeugten Strichlinien sind ein wenig splittrig.

c) Madagaskarkopal soll nach einigen Autoren vom gleichen Baum abstammen. Nach Perrot finden sich jedoch Unterschiede zwischen dem in Frage kommenden Baum (*Trachylobium verrucosum*) und dem *Tr. mossambicense*. Die Beschaffenheit ist etwa die des vorigen, die Gänsehaut ist noch unregelmäßiger, oft nur stellenweise ausgebildet (235).

d) Lindikopal wird in erheblichen Mengen in dem ehemalig Deutschen Ostafrika, besonders auf dem Wamueraplateau gegraben. Er stellt meist rötliche Körner und Klumpen bis zu einem Gewicht von 2 kg dar (236). Nach Wiesner waren neben roten Körnern und geschiebeartigen Stücken bei den von ihm untersuchten Proben auch gelbliche und grünliche vorhanden. Die Körner der roten Sorte waren mit einer kleinfacettierten rotbraunen zerreiblichen Verwitterungskruste bedeckt, während die der gelben von einer papierdünnen weißlichen zusammenhängenden Schicht umgeben waren. Gemeinsam war den Sorten der muschlige Bruch, der helle Glasglanz der frischen Bruchstellen, die fast splitterfreien Ritzlinien und der beim Reiben hervortretende balsamische Geruch.

Von einer anderen Pflanze, die gleichfalls zu den Leguminosen wie *Trachylobium* auch gehört, stammt der in einigen Distrikten von Mosambik und dem Nyassalande gewonnene Inhambanekopal. Die Stammpflanze ist wahrscheinlich *Copaifera Gorskiana* (237). Die Angaben über diesen Kopal, der keine besondere Rolle spielt, widersprechen sich außerordentlich. Er wird als geruchlos, dann wieder als wohlriechend beschrieben, einmal soll er in kochendem Wasser, dann wieder erst bei 260° schmelzen usw. Von den Eingeborenen soll das dort Staka oder Stakate, von den Zulus »Inthlaka« genannte Harz u. a. als Kauharz benutzt werden.

II. Die westafrikanischen Kopale.

Die westafrikanische Küste ist in einer Ausdehnung von etwa 5500 km von Beguela im Süden bis Sierra Leone im Norden ein reiches Fundgebiet für Kopale. Der Beginn des Exportes westafrikanischer Kopale datiert erst seit 1820 und nahm dann um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bedeutendere Formen an. Der botanische Ursprung der westafrikanischen Kopale ist noch nicht sicher festgestellt. Das massenhafte Vorkommen von Kopalen in den jüngsten Erdschichten und ihre vielfach rollsteinartige Form macht es wahrscheinlich, daß das Harz nicht von Bäumen stammt, die an der Küste befindlich sind, sondern von solchen im Inneren des Landes, von wo das Harz dann durch die Flüsse an die Küste gebracht wird, wie dies bei dem Sierra-Leone-Kopal nach-

weislich durch die Flüsse Pongas und Malaenzi der Fall ist. Wahrscheinlich findet ein derartiger Transport noch immer statt. Zwischen den verschiedenen Sorten bestehen erhebliche Unterschiede. Schon Daniell (238) machte darauf aufmerksam, daß besonders zwischen den Kopalen von Nord- und Südguinea beträchliche Unterschiede bestehen. Wiesner trennt die westafrikanischen Kopale in zwei Gruppen, die eine umfaßt die Sierra-Leone-Kopale, die andere die sehr übereinstimmenden Harze vom Kongo, von Angola und Benguela.

a) Sierra-Leone-Kopal. Stammpflanze wahrscheinlich die Leguminose *Guibourtia copallifera* Benn. Der junge Sierra-Leone-Kopal, der nach Daniell von den lebenden Stämmen abgenommen wird, stellt kugel- oder tropfenförmige Stücke von 1—3 cm Durchmesser dar. Die Dichte ist um 1,06, die Härte gering. Die wohl nur im englischen Handel vorkommenden Harze dieser Art haben einen schwachen Geruch, sie sind gelblich und trübe.

Der wertvollere rezent-fossile Sierra-Leone-Kopal bildet rollsteinartige Stücke von 2—3 cm Durchmesser, die fast farblos bis gelblich sind, homogen, durchscheinend bis durchsichtig, gelegentlich von einer papierdünnen opaken Verwitterungsschicht bedeckt. Die Dichte ist etwa 1,09. Die Härte ist etwas geringer als die des Mosambikkopals, mit dessen Verhalten beim Ritzen der Sierra-Leone-Kopal sonst übereinstimmt.

b) Gabonkopal. Runde, fast immer etwas abgeplattete Stücke von 1—8 cm Durchmesser. Oberfläche meist glatt, manchmal stellenweise mit einer sehr dünnen kreidigen Kruste bedeckt, die von astartig verzweigten, mit erhabenen Rändern versehenen Sprunglinien durchsetzt ist. Die Körner sind weingelb, stellenweise blutrot, trübe, weniger durchsichtig und homogen als die vorigen. Dichte etwa 1,07. Die Bruchflächen sind muschlig, stellenweise splittrig, frisch glasglänzend. Die Ritzlinien sind auf frischer Bruchfläche glatt, auf älterer splittrig. Beim Kauen haftet das Pulver schwach an den Zähnen, was nur der rezente Sierra-Leone-Kopal tut, sonst keiner der bisher beschriebenen Kopale.

c) Loangokopal. Der Kopal kommt in Bruchstücken vor, deren Art darauf schließen läßt, daß die ursprünglichen Stücke eine Länge von mehreren Dezimetern erreichen. Man unterscheidet »weißen«, der aus fast farblosen, weißlichen oder gelblichen Körnern besteht, und »roten«, der rote oder bräunliche, auch gefleckte Körner oder Stücke darstellt. Der rote ist geschätzter als der weiße (Loango kommt im europäischen, wenigstens im deutschen Handel kaum vor). Die Oberfläche ist glatt oder höckerig, der Bruch muschlig, stark glänzend, die Ritzlinien sind splitterfrei.

d) Die Gruppe der Kongokopale. Wiesner hatte (s. oben) die Kopale von Kongo, Angola und Benguela in eine Gruppe zusammengefaßt, der er den Namen der Angolakopal-Gruppe gab. Zweckmäßiger erscheint es, dieser Gruppe den obenstehenden Namen zu erteilen, denn in der Industrie ist der Kongokopal weitaus am bekanntesten und wird meistens verwandt. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß die einzelnen Vertreter dieser Gattung noch weniger als sonst auseinandergehalten werden, vielmehr nur nach äußeren Merkmalen sortiert werden und bald den einen, bald den anderen Namen erhalten.

Die lange Zeit unbekannte Stammpflanze des weißen Kongokopals hat Gilg (239) in der *Copaifera Demeusii* Harms gefunden. Es soll allerdings noch ein anderer Baum am Kongo eine Kopalsorte liefern, nämlich *Cynometra sessiliflora* Harms.

Äußere Beschaffenheit: Die Stücke haben sehr verschiedene Größe, teils sind es runde und ovale Stücke von etwa 2—8 cm Durchmesser, teils auch größere Klumpen. Die Stücke haben gelegentlich eine ganz dünne Verwitterungsschicht, sind aber auch vielfach ohne eine solche*). Die Farbe ist hellgeblich bis bräunlich. Die Stücke sind teils klar und homogen, teils trüb und milchig. Für den Ver-

*) Die ursprüngliche Verwitterungsschicht ist schmutzigweiß bis bräunlich erdig. Sie wird an den Fundorten oder den Verschiffungsplätzen bereits entfernt, so daß diese Kopale nur geschabt in den europäischen Handel zu kommen pflegen, wenigstens was die größerstückigen Sorten betrifft, die das wertvollere Material darstellen.

kauf werden die Stücke nach Größe, Farbe und Klarheit sortiert, und z. B. als groß, mittelstückig, Bohnen, Zungen, Staub nach Größe und Form bezeichnet, wie als hell, weiß, elfenbeinfarben, mittelfarben, dunkel usw. nach der Farbe gekennzeichnet, auch als milchig, glasig usw.

Von Angolakopal wird roter und weißer unterschieden. Der rote bildet unregelmäßige Stücke, die eine warzige Oberfläche haben, ähnlich wie Sansibarkopal, doch mit weit größeren Wärzchen, von 4—12 mm Länge. Der Geruch ist oft eigentümlich muffig. Der weiße Angolakopal bildet kugelige oder knollige Stücke von Erbsen- bis Faustgröße, gelegentlich auch größere Klumpen von mehreren Pfunden. Die Farbe ist hellgelblich oder weißlich, durchscheinend bis durchsichtig, der Geruch mehr balsamartig als der des roten, der aber wesentlich härter ist und das wertvollere Harz darstellt. Ein bestimmter Unterschied zwischen den Angolakopalen und dem Kongokopal besteht, wie gesagt, nicht.

Zu der gleichen Gruppe gehört auch der Benguelakopal, der als weißer und gelber vorkommt. Der weiße bildet kleine platte oder größere wulstige Stücke, hellgeblich, durchscheinend bis fast klar. Der gelbe bildet hellgelbe bis rötlichgelbe flache oder knollige Stücke von etwa 20 cm Durchmesser. Der Geruch ist schwach, die Oberfläche oft von einer dünnen, stellenweise abgefallenen Verwitterungsschicht bedeckt, gelegentlich auch von einer schwach genarbten Zeichnung, aber nur vereinzelter Wärzchenbildung.

Chemische Zusammensetzung: Tschirch und Engel (240) untersuchten je einen authentischen Kongo- und Benguelakopal. Durch Äther konnten beide Kopale in einen unlöslichen und einen löslichen Teil zerlegt werden, deren Untersuchung folgendes ergab.

In Äther löslich:

Kongokopal, etwa 60 %	Benguelakopal, etwa 55 %
Kongokopalolsäure, etwa 48—50 %, $C_{18}H_{29}\cdot COOH$	Bengukopalolsäure, etwa 43—45 %, $C_{18}H_{29}\cdot COOH$
α-Kongokopaloresen 5—6 %	α-Bengukopaloresen 4—5 %
Ätherisches Öl 3—4 %	Ätherisches Öl 3—4 %

In Äther unlöslich:

Kongokopal, etwa 40 %	Benguelakopal, etwa 45 %
Kongokopalolsäure etwa 22 % $C_{21}H_{33}(O)(COOH)$	Bengukopalolsäure etwa 22 % $C_{20}H_{31}(O)(COOH)$
β-Kongokopaloresen 12 %	β-Bengukopaloresen ($C_{22}H_{36}O_2$)
Verunreinigungen 4—5 %	Verunreinigungen 5—6 %

Das ätherische Öl ging beim Kongokopal zur Hauptsache bei 165—168° über, beim Benguelakopal bei 148—155°.

Die Zusammensetzung der beiden Kopale ist offenbar die gleiche. Die Formeln sind ja höchst unsicher und ob zwischen der Kongo- und Bengukopalolsäure ein Unterschied ist, steht dahin; die beiden Formeln würden nur einen Unterschied von 0,4% C und 0,2% H ausmachen, also innerhalb der Fehlergrenzen liegen, um so mehr, als es sich um amorphe Produkte handelt. Jedenfalls handelt es sich nicht einmal um einheitliche Stoffe.

Verwendung finden diese Kopale zur Herstellung von Öl-(Kopal)-lacken. Die Menge der Kongokopal-Produktion schwankt sehr stark, sie betrug 1923 etwa 13 000 t.

Kamerunkopal: Wiesner untersuchte einige Stücke dieses ihm von Engler übergebenen Kopales. Es waren rundliche, knollenförmige, häufig warzige Stücke. Zum Teil waren sie auch zusammengeflossen. Die Farbe war grünlich bis topasgelb. Die Oberfläche war teils matt, teils stellte sie eine papierdünne weißliche Verwitterungskruste dar. Facettenbildung konnte nicht beobachtet werden. Der Bruch war muschlig, die frische Bruchfläche glasglänzend. Ritzlinien auf frischer Bruchfläche fast splitterfrei, auf alter splittrig. Die Härte war nahezu gleich der des Steinsalzes. Dichte (nach Entfernung der Luft) 1,08. Beim Kauen zerfiel der Kopal in ein feines geschmackloses Pulver, das nicht an den Zähnen haftete. Beim Reiben auf der flachen Hand entwickelte sich ein deutlicher balsamischer, etwas terpentinähnlicher Geruch.

Nach Harms (241) soll der Kamerunkopal wahrscheinlich von *Copaifera Demeusii* abstammen. Die Beschreibung des betreffenden Kopales stimmte im wesent-

lichen mit den von Wiesner untersuchten Stücken überein.

Nach Henriques wurden im nördlichen Kamerungebiet (im Piculludorfe bei Bimbia) sehr große Stücke dieser Kopalsorte ausgegraben, die ein gutes Material darstellt (242).

Wiesner erwähnt auch noch einen Kopal, der aus Französisch-Guinea, nördlich von Sierra Leone in den französischen Handel kommt, dessen Stammpflanze *Copaifera copallifera* Benth. et Hooker sein soll (243).

Die harten Sorten des westafrikanischen Kopals sind, wie bereits bemerkt, stets mit einer mehr oder weniger starken Verwitterungskruste bedeckt. Sie kommen zum Teil bereits gewaschen in den europäischen Handel, zum Teil auch roh.

III. Kaurikopal.

Die Stammpflanze des Kaurikopals ist *Dammara australis,* die in Neuseeland heimisch ist und *Dammara ovata,* deren Ausbeutung besonders in Neukaledonien betrieben wird.

Das Vorkommen der *Dammara australis,* ist auf die Nordinsel beschränkt, sie kommt auch dort jetzt nicht mehr überall vor und geht nicht über den 38. Grad südlicher Breite hinaus (244). Aber in den Distrikten zwischen dem 38. und 39. Breitengrad, wo der Baum jetzt völlig ausgestorben ist, werden Kaurikopale fossiler Art gegraben (oft aus Tiefen von mehreren Fuß). Die bedeutendsten Kopalfelder befinden sich in Auckland.

Die Kaurifichte (*Dammara australis,* Cowrie spruce), ein imposanter Baum, der eine Höhe bis über 50 m erreicht und einen Umfang von 12—15 m hat, ist außerordentlich harzreich. Zweige und Äste starren von weißlichen Harztropfen, die sich allmählich ablösen und am Fuße der Bäume zu großen Klumpen vereinigen.

Das Kauriharz von Neukaledonien stammt von der auf den Gebirgen Kanadas häufigen *Dammara ovata.*

Man unterscheidet drei Arten von Kaurikopal, den fossilen (s. oben), den sogenannten Buschkopal und den Baumkopal.

Der letztere wird von den lebenden Bäumen gewonnen, wobei die Bäume durch Ritzen der Rinde zu vermehrtem Harzfluß angeregt werden. Dies ist von der australischen Regierung erst seit etwa zwei Jahrzehnten gestattet worden. Nach Langguth (245) kann die Anzapfung der Kaurifichte nur etwa drei Jahre lang durchgeführt werden, wobei sich die Qualität des Harzes von Jahr zu Jahr verschlechtert.

Als Buschkopal wird der Kopal bezeichnet, der noch in Gebieten, wo die Kaurifichte noch jetzt vorkommt, gefunden wird, teils zwischen den Wurzeln und Wurzelstöcken, teils in den obersten Erdschichten. Der fossile und wertvollste Kaurikopal wird, wie bereits gesagt, in Gegenden gegraben, wo die Stammpflanze längst ausgestorben ist. Die Verhältnisse in der Kopalgräberei sind durch Parlamentsakte geregelt, die auf die Untersuchungen hin beschlossen wurden, die eine Kommission im Jahre 1898 an Ort und Stelle angestellt hatte. Die Gräber müssen Erlaubnisscheine haben, ebenso wie die Händler. Das Land ist in bestimmte Distrikte (Gum districts) eingeteilt, die von Aufsehern bewacht werden.

Aller gegrabene Kopal kommt zunächst nach Auckland, wo er »geschabt« (ähnlich wie beim Sansibarkopal [siehe diesen]) und sortiert wird. Früher teilte man die Sorten in zahlreiche Varianten ein, oft mehr als fünfzig. Nach Langguth werden jetzt nur zehn Qualitäten sortiert, was auch für die Bedürfnisse der Technik völlig ausreicht.

Äußere Beschaffenheit: Der ungeschabte Kaurikopal hat bei allen Sorten eine opake, oft fingerdicke Verwitterungskruste. Der von der Kruste befreite »geschabte« Kaurikopal zeigt oft gestreifte und wolkig-fleckige Stellen. Die Farbe ist hellgelb bis mäßig braun in allen möglichen Schattierungen. Der Bruch ist muschlig und fettglänzend. Beim Reiben ist ein ziemlich starker charakteristischer balsamischer Geruch wahrnehmbar. Das Pulver haftet beim Kauen an den Zähnen.

Chemische Zusammensetzung: Der Kaurikopal ist, wie alle Koniferenharze, hauptsächlich aus Harzsäuren zusammengesetzt. Eine ausführliche Untersuchung an einem neuseeländischen Buschkopal durch Tschirch und Niederstadt (246) förderte folgende Ergebnisse zutage:

Kaurinsäure (1,5%), löslich in Ammoniumkarbonat, kristallisiert, $C_9H_{15}COOH$, Schmelzpunkt 192°, SZ 330; VZ 335; optisch-aktiv ($[\alpha]_D = +51{,}6°$). α- und β-Kaurolsäure, $C_{11}H_{19}COOH$, amorph, Schmelzpunkt 81—83° bzw. 85 bis 87°(unscharf). SZ und VZ = 280—285, zusammen etwa 50 %; in α- und β-Kaurinolsäure ($C_{16}H_{33}COOH$ bzw. $C_{11}H_{23}COOH$), Sodalösung, Schmelzpunkt 126—130° bzw. 86—89°; zusammen etwa 20 %, nur in Lauge löslich.

Ferner wurden 12,5 % eines ätherischen Öls von angenehmem an Melissen oder Zitronen erinnernden Geschmack gefunden ($d_{15} = 0{,}835$, zwischen 150—160° siedend), das Kristalle vom Schmelzpunkt 168° ausschied. Fast in gleicher Menge war ein indifferenter Stoff (Kauroresen) zugegen. Endlich wurde auch Bitterstoff (0,5—1,0 %) festgestellt.

Die Kennzahlen und Löslichkeitsverhältnisse siehe die Tabellen auf S. 1098.

Die Sorten des Kaurikopals werden wie die übrigen Kopale durch Größe, Farbe und Reinigungsgrad gekennzeichnet. So unterscheidet man z. B. großstückige, mittelstückige, kleinstückige Ware, Splitter und Staub. Die ersten beiden sind sowohl als naturelle Ware, also mit Verwitterungsschicht bedeckt, im Handel, wie auch »geschabt«, also von dieser Schicht befreit. Man unterscheidet auch »ganz geschabte Ware von 7/8 und 3/4 oder 1/2 geschabter Ware«, die noch mehr oder weniger deutliche Reste der Verwitterungsschicht aufweisen. Die Farbe wird als hell, mittelfarben, blond, braun, rötlich usw. gekennzeichnet. Auch wird das Aussehen nach Klarheit, milchiger, elfenbeinartiger Trübung usw. bemerkt.

Verwendung findet Kaurikopal in der Lackindustrie und in der Linoleumfabrikation.

IV. Manilakopal.

Über die Herkunft dieses wichtigen Kopales bestand lange Zeit Zweifel. Die meisten Forscher wollten in dem Manilakopal das Harz von *Vateria indica* sehen (= *V. malabarica* Blume), einer indischen Dipterocarpee. Wiesner stellte aber fest, daß das Verbreitungsgebiet dieser Pflanze (Vorderindien von Kanara an der Malabarküste bis Travencore in der Präsidentschaft Madras) nicht übereinstimmt mit den Gebieten, aus denen der Manilakopal kommt (Sundainseln, Molukken, Philippinen). Er fand ferner, daß das Harz von *Dammara orientalis* sehr nahe mit dem Kaurikopal übereinstimmt, für den die Abstammung von *Dammara australis* bereits sichergestellt war. Weiter stellte Wiesner fest, daß das Dammarharz (resina dammar) nichts mit dem Harz von *Dammara orientalis* zu tun hat. Einen weiteren Beweis liefert die Löslichkeit des Manilakopals in Chloralhydrat, da nach den Untersuchungen von Mauch sich die Dipterocarpeenharze nicht, wohl aber Koniferenharze in diesem Lösungsmittel lösen. Eine Angabe von Mauch, daß sich Manilakopal nicht löse, erklärt Tschirch so, daß ein tatsächlich von *Vateria indica* stammendes Harz in einer Sammlung als Manilakopal bezeichnet wurde, eben weil früher die Meinung vertreten war, daß es diesen Namen trage.

Jedenfalls besteht heute kein Zweifel mehr, daß in der Tat *Dammara orientalis* die Stammpflanze des Manilakopals ist. Die Ansicht, daß diese Pflanze das Dammarharz liefert, ist wohl durch den Namen dammar-batu verursacht worden, den die Malaien dem Manilakopal geben und der Felsenharz bedeutet (dammar = Harz, batu = Stein). Der Name kommt nach Miquel (247) daher, daß das in großer Masse aus den Stämmen quellende Harz sich stellenweise, besonders an den Wurzeln, zu großen Klumpen vereinigt, dann oft durch die Flüsse fortgespült wird und an den Ufern zu felsblockartigen Massen sich ansammelt.

Äußere Beschaffenheit: Die Größe und Form der Stücke ist sehr verschieden. Gelegentlich kommen Stücke von der Größe eines Kopfes vor, ja Andés beschreibt einen Klumpen von 40 kg Gewicht. Die Stücke sind klumpig, knollig oder tropfsteinartig, jedoch kommen die Stücke in den Handel meistens nicht in ihrer ursprünglichen Form, sondern in Bruchstücken, die meist mehrere Zentimeter im Durchmesser aufweisen.

Obwohl der Manilakopal im allgemeinen keine eigentliche Verwitterungskruste, wie die afrikanischen Kopale und der Kaurikopal, aufweist, ist doch die äußere

Schicht matt im Vergleich zu dem Inneren. Die Farbe der Stücke ist bernstein- bis honiggelb, auch braun, grünstichig, bisweilen milchweiß, rauchgrau, kurz es kommen fast alle Farbennuancen außer Blaustichigkeit vor. Ja es kommt oft vor, daß ein größeres Stück verschiedenartig gefärbt ist, wolkig, streifig usw. Die milchigen Stücke werden durch Lagern an der Luft oberflächlich dunkler und homogener. Nach Wiesner ist dies, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, so zu erklären:

Die milchige Trübung rührt von zahllosen Einschlüssen einer gelblichen bis bräunlichen Flüssigkeit her, die eine Lösung von Harz in ätherischem Öl darstellt. Beim Liegen an der Luft verschwindet die Flüssigkeit und das Harz sintert zusammen zu einer dem freien Auge homogen erscheinenden Masse. Stellenweise erscheinen die Stücke klar und fast farblos, völlig klare Stücke hat Wiesner aber nicht gesehen.

Der Bruch des Manilakopales ist muschlig, die frische Bruchstelle hat ausgesprochenen Fettglanz. Nur alte und lang gelagerte Stücke zeigen einen Übergang von Fett- zum Glasglanz. Die Ritzlinien sind stets splittrig. Die Härte ist ein ganz klein wenig geringer als die des Steinsalzes. Gips wird von dem Manilakopal geritzt, wenn man den Versuch mit scharfkantigen Splittern vornimmt. Der Geruch ist angenehm balsamisch, er erinnert sehr an den des Kaurikopals. Über die Löslichkeit siehe Sorten.

Die chemische Zusammensetzung des Manilakopals wurde von Tschirch und Koch (248) untersucht.

Ein »weicher« Manilakopal ergab 4% an ammoniumkarbonatlöslichen Stoffen, die zum Teil kristallisierten. Der kristallisierte Anteil hatte den Schmelzpunkt 175°, der amorph bleibende 100—105°. Beide hatten Säure- und Verseifungszahlen von 392—397. Der kristallisierte war optisch aktiv ($\alpha_D = +56°$), der amorphe optisch inaktiv. Beiden käme nach der Analyse die Formel $C_7H_{11}COOH$ oder $C_7H_{13}COOH$ zu. Der kristallisierte Anteil wurde von den Autoren Mankopalin- bzw. Mankopalensäure genannt.

Nach der Extraktion mit Ammoniumkarbonatlösung gingen 75 % des Harzes in Natriumkarbonatlösung über. Durch Lösen dieses Anteiles in Alkohol und Fällen mit alkoholischem Bleiazetat trennte Tschirch zwei Fraktionen, von denen er die aus dem unlöslichen Bleisalz abgeschiedene Säure als α-Mankopalsäure; die aus dem löslichen als β-Mankopalsäure bezeichnete. Beide wiesen Säure- und Verseifungszahlen von 322—330 auf. Die Schmelzpunkte der amorphen Substanzen lagen bei 85—90°. Die aus der Elementaranalyse abgeleitete Formel war $C_9H_{17}COOH$. Wenn es sich hier tatsächlich um einheitliche Substanzen handeln sollte, was keineswegs als sicher anzusehen ist, so liegen vielleicht, wie Tschirch annimmt, Isomere vor, möglicherweise handelt es sich aber auch um scheinbare Verschiedenheit, da die Löslichkeit der Bleisalze von Verbindungen mit so ausgesprochen kolloidem Charakter, wie ihn die Kopale aufweisen, durch Dispersitätsunterschiede vorgetäuscht werden kann.

Von indifferenten Stoffen wurden ein Resen (12 % des Harzes) und ein ätherisches Öl (6%) gefunden, das die Dichte 0,840 hatte und hauptsächlich bei 165 bis 175° destillierte. Spuren von Bitterstoff, Verunreinigungen und etwa 2 % Wasser vervollständigen die Zusammensetzung.

Ein »harter« Manilakopal wies die gleichen Bestandteile auf außer den in Ammoniumkarbonat löslichen *).

Verfasser hat bei Nachprüfungen andere Ergebnisse gehabt, vor allem wurde auch bei hartem Manilakopal eine Säure gefunden, die der Mankopalinsäure zu ähneln scheint.

Sorten: In der Hauptsache unterscheidet man beim Manilakopal weiche und harte Kopale. Die weichen sind völlig oder doch fast völlig spritlöslich, während die harten nur zum Teil spritlöslich sind. Innerhalb dieser Arten wird nach Farbe, Klarheit und Größe der Stücke sortiert, so daß eine große Anzahl von Sorten

*) Wiesner erwähnt auch, daß Manilakopale im Aussehen und Geruch manchmal vom Kaurikopal nicht zu unterscheiden sind. Es sind daher auch im Wiener Handel, wie Wiesner an Proben, die er von Andés erhalten hatte, feststellen konnte, schon Manilakopale direkt als Kaurikopale gehandelt worden.

Manilakopal im Handel sind. Eine Anzahl von Manilakopalen hat die Eigenschaft, daß sie sich zwar bei großer Konzentration in Alkohol lösen (1 : 2 Alkohol etwa), aber bei weiterem Zusatz von Alkohol zum Teil wieder ausfallen. In fetten Ölen ist Manilakopal nicht löslich, weshalb er, wie die übrigen Kopale auch, erst ausgeschmolzen werden muß, d. h. einer partiellen trocknen Destillation unterworfen wird, wenn er zur Fabrikation von Öllacken dienen soll. Der Manilakopal kommt auch unter den Namen Borneo-, Singapore-, Philippinen-, Indischer Kopal, Pontianakkopal vor.

Verwendung: Der weiche Manilakopal ist ein wichtiges Harz zur Herstellung von Spritlacken, während der harte zur Fabrikation von Öllacken dient. Auch für Harzkitte findet Manilakopal Verwendung, sowie für plastische Massen (Abdruckmassen für zahnärztliche Zwecke).

V. Die südamerikanischen Kopale.

Im Gegensatz zu den afrikanischen und den asiatisch-australischen Kopalen sind die südamerikanischen Kopale ausschließlich »rezente« Harze, die unmittelbar von den Bäumen abgenommen werden, sei es von der Stammrinde oder den Wurzeln, an denen sie sich oft massenweise ansammeln. Die vom Stamm gesammelten Harze zeigen meist eine glatte Oberfläche und sind oft mit Rindenstückchen durchsetzt, während die von den Wurzeln abgenommenen von einer Kruste überdeckt sind.

Als Stammbäume dieser Kopale werden mehrere *Hymenaea-*, *Trachylobium-*, *Vouapa-* und *Icica*-Arten bezeichnet, ferner zwei botanisch noch nicht genau bestimmte Bäume Brasiliens, »Jutaicica« und »Angiko«. Nach Wiesner ist es ein Irrtum, für die südamerikanischen Kopale Trachylobiumarten, besonders *T. Hornemannianum* in Anspruch zu nehmen, da diese auf die Alte Welt beschränkt seien und speziell *T. Hornem.* die Stammpflanze des Sansibarkopals sei (249). Nach allem, was über die Harze der *Icica*-Arten bekannt ist (Elemi und Tamahac), erscheint auch die Herleitung der südamerikanischen Kopale von diesen Pflanzen durchaus unsicher. Auch die Angabe von Henkel (250), daß *Vouapa phaselocarpa* Mart. (= *Cynometra racemosa* Benth.) brasilianischen Kopal liefere, bleibt nach Wiesners Ansicht noch dahingestellt.

Dagegen kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die in der Provinz Amazonas, ferner in Guayana und Venezuela vorkommende *Hymenaea courbaril* und die in Parahiba do Norte verbreitete *H. stilbocarpa* Kopale liefern (251).

Das häufigste Harz ist das von *Hymenaea courbaril*. Es stellt knollenförmige Stücke mit einem Durchmesser bis zu 10 cm dar. Nach Fragmenten zu urteilen dürften auch größere Stücke vorkommen. Die außen weiße, kreidige, innen grauweiße, hyaline Verwitterungskruste ist höchstens 2 mm dick. Die Stücke sind höckerig, im Querbruch regelmäßig wellenförmig. Die Farbe ist gelb bis flaschengrün. Gerade die dunkelsten Stücke sind häufig die klarsten und homogensten. Die Dichte wurde zu 1,08 ermittelt, der untere Schmelzpunkt zu 77°, der obere zu 115°. Der Bruch hat Fettglanz und ist eben oder nur schwach gekrümmt. Ritzlinien sind sowohl auf frischer, wie auf alter Bruchfläche splitterfrei. Beim Reiben mit Leinen- oder Baumwollzeug werden die Bruchstellen matt, da der Kopal noch relativ weich ist. Der Geruch ist unangenehm leimartig, der Geschmack bitter. Beim Kauen wird das Harz weich und haftet an den Zähnen.

Über die chemische Zusammensetzung ist noch nichts bekannt geworden. Die Verwendung beschränkt sich wohl auf das Produktionsland, jedenfalls ist die Verwendung in der Alten Welt sehr gering. In England sollen angeblich südamerikanische Kopale unter der Bezeichnung amerikanische Anime Verwendung finden. Die Namen Brasil- und Demerarakopal, die man besonders in Österreich bisweilen findet, werden nach Andés geringen westafrikanischen Sorten beigelegt, sind aber nicht amerikanische Produkte. Dies scheint insoweit richtig zu sein, als unter diesem Namen auch afrikanische Kopale gehandelt werden, was vor kurzem E. Stock (251a) durch mikroskopische Untersuchung wahrscheinlich machte.

Machenbaum untersuchte je einen Brasilkopal und einen Kolumbiakopal, deren Herkunft aber unsicher sein dürfte. Er fand für den Brasilkopal den unteren Schmelzpunkt zu 127° und den oberen zu 160°, für den Kolumbiakopal entsprechend zu 120° und 155°. In Äther waren die Harze zu 58 bzw. 56 % löslich, in Azeton zu 80 bzw. 35 %, in Alkohol zu 76 und 78 %, in Amylalkohol zu 78—76 %, in Petroläther zu 20 %, in Benzol zu etwa 35 %. Die relative Schwerlöslichkeit spricht nach Ansicht des Verfassers dieses gegen das Vorliegen der stets rezenten südamerikanischen Harze, die stets viel höhere Löslichkeitszahlen ergeben.

Von befreundeter Seite wurden vor kurzem dem Verfasser dieses einige Kopalstücke gegeben, die in Brasilien beim Aufgraben des Bodens gefunden worden waren. Es handelte sich um Stücke von einem Durchmesser von 5—8 cm. Die Farbe war goldgelb bis bräunlichgelb. Das Aussehen war etwa das eines guten klaren Kongokopals, mit dem das Harz auch sonst einige Ähnlichkeit zeigte. Die SZ betrug im Durchschnitt etwa 40, die VZ etwa 65. Offenbar handelt es sich hier um Umwandlungsprodukte von Kopalen, welcher Art, war aber nicht zu entscheiden, da die Stücke in keiner Weise irgendeine Ähnlichkeit mit den wenigen authentischen südamerikanischen Kopalen hatten, die Verfasser zu Gesicht bekam. Da auch über die Flora der betreffenden Gegend nichts zu ermitteln war als das, daß Bäume überhaupt nicht mehr vorkamen, ist die Herkunft durchaus ungewiß. Sicher ist aber danach, daß auch fossile oder halbfossile Kopale gelegentlich in Südamerika vorkommen. Ob die Menge so groß ist, daß an eine Ausbeutung gedacht werden kann, ist sehr zweifelhaft.

Anhang: Von Caesalpinoideenharzen ohne Bedeutung finden sich noch erwähnt die Harze von:

Vouapa bifolia Aubl. (= *Macrolobium vouapa* Gmel.) und *V. avaou* Aubl., beide in Guayana. Kopalartige Harze, nicht im Handel (252).

Fereira spectabilis Fr. Mem. Lep., Brasilien, enthält im Splint große Mengen eines eigentümlichen Harzes. Farblose Stücke sind beim Erhitzen völlig flüssig (253).

Sindora sumatrana Miqu. liefert ein Harz, das auf Sumatra zum Kalfatern von Schiffen verwendet wird (254).

31. Lactucarium. Lactucarium ist der eingetrocknete Milchsaft der Komposite *Lactuca virosa* L., namentlich in der Rheinprovinz (Zell a. d. Mosel) angebaut.

Gewinnung: Zum Beginn der Blühzeit (Mai) wird der Stengel einige Dezimeter unterhalb der Spitze abgeschnitten. Der austretende Milchsaft wird täglich gesammelt und jedesmal ein kleines Stückchen des Stengels abgeschnitten.

Äußeres: Gleichmäßige, gelbbraune Massen von wachsartigem Schnitt und Bruch. Die frischen Bruchstellen sind weißlich. Der Geschmack ist sehr bitter, etwas kratzend und der Geruch eigenartig narkotisch.

Beim Lactucarium germanicum ist die frische Schnittfläche hygroskopisch, nicht aber beim Lactucarium anglicum (auch von *Lactuca virosa*), das unregelmäßige, matte, zerreibliche, ziemlich dunkelbraune Körner darstellt.

Chemische Zusammensetzung: Neben Kautschuk, Eiweißstoffen und Asche (die nicht über 7,5 % betragen soll) ist ein kristallisierbarer Bitterstoff »Lactucin«, $C_{11}H_{14}O$, eine kristallisierbare bitter schmeckende Säure, Lactucasäure, und ein indifferenter kristallisierender Körper »Lactucon«, dem Ludwig die Formel $C_{15}H_{24}O$, O. Schmidt $C_{19}H_{30}O$ gibt.

Verwendung: Das früher offizinelle Produkt wurde als Narkotikum und gegen Asthma angewandt.

Das Lactucarium gallicum ist entweder von *Lactuca altissima* Bieberstein, dann dem L. germanicum ähnlich, oder ein klar in Wasser lösliches Produkt von *Lactuca sativa*. Dieses entspricht dem »Thridax« der Alten.

32. Mastix. Die Stammpflanze dieses Harzes ist *Pistacia lentiscus*, die zwar über die südeuropäischen und nordafrikanischen Küstengebiete verbreitet ist, indessen ausschließlich auf Chios auf Harz ausgebeutet wird. Nur die dort vorkommende und kultivierte Varietät *var. chia* D. C. liefert ein brauchbares Mastixharz.

Vorkommen des Harzes in der Pflanze: Nach Unger (255)

bildet sich das Harz in besonderen Harzgängen der Innenrinde, nach außen durch Bastbündel geschützt, die von Parenchym und schließlich von Periderm bedeckt sind. Die Harzgänge sind Interzellularräume ohne jede Spur von Zellgewebsresten, auch in ganz jungen Stämmen. Das Harz wird demnach nicht aus chemischer Veränderung von Zellwänden gebildet, sondern ist ein Exkret besonderer, den Harzgang begrenzender Sekretionszellen. Es sind also schizogene Harzgänge. Diese Interzellulargänge rücken durch Abfall von Borkenschuppen allmählich so sehr nach außen, daß schon die geringste Verletzung hinreicht, um das Harz zum Ausfließen zu bringen.

Diese Beobachtungen von Unger beziehen sich auf junge Äste, deren Dicke nach Ungers Angabe etwa die eines Federkieles ist.

Die Rinde des Stammes wurde später von Moeller (256) eingehend studiert. Die Rinde eines schenkeldicken Stammes hat eine Dicke von 4 mm und ist von schülferigen, flachen, etwa millimeterdicken, unregelmäßigen Borkenschuppen bedeckt. An das Periderm schließt sich ein Phelloderm an, welches gleich dem ersteren aus etwa 10—12 Zellreihen besteht. Die Hauptmasse des Phelloderms ist gleichmäßig sklerosiert. Im Phloem fehlen die Bastfasern gänzlich. Die schon mit freiem Auge sichtbaren hellen Punkte sind Sklerenchymgruppen und bestehen aus verschieden gestalteten, isodiametrischen oder stäbchenförmigen, sehr stark verdickten Elementen. Die in den Sklerenchymmassen gelegenen Kristallzellen werden gleichfalls sklerotisch, die schizogenen Harzgänge bleiben aber von einer doppelten bis dreifachen Zone dünnwandigen Parenchyms umgeben. Der Inhalt der Kristallzellen besteht aus Kalziumoxalat, das gewöhnlich in Form von Einzelkristallen, seltener in Drusenform auftritt. Die Harzgänge haben einen Durchmesser von 0,2 mm und führen einen blaßgelben Inhalt, welcher an dem von Moeller untersuchten, wahrscheinlich trockenen Material feinkörnig erschien. Die Siebröhren sind zu dünnen tangentialen Strängen geschrumpft (Abbildung 8).

Gewinnung: Die Gewinnung geschieht nur in der Umgebung von etwa 20 Dörfern (Mastixdörfer, Mastichochoria) (257). Die jährliche Produktion ist im Durchschnitt 125 000 kg. In kleinen Mengen fließt das Harz schon freiwillig aus und erhärtet in Tropfenform an den Zweigen. Um die Harzmenge zu vergrößern, macht man kreuzweise Einschnitte in die Rinde vom Grunde der Bäume bis zu den Ästen. Der in Mengen ausströmende Harzsaft erstarrt zum Teil an den Wunden, zum Teil fällt das Harz auf den Boden, wo es tropfenförmig erstarrt. Dies letztere wird auf Steinplatten aufgefangen, die man um den Baum legt (258). Zum Teil fällt es auch auf abgelöste Blätter des Baumes (s. unten). Das Sammeln beginnt Mitte Juni und dauert etwa zwei Monate. Jeder Baum liefert 4—5 kg Harz (259).

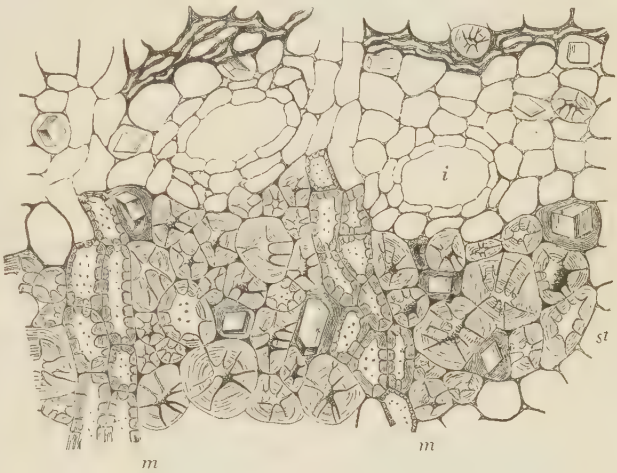


Abb. 8.
Querschnitt durch die Innenrinde eines älteren (schenkeldicken) Stammes von *Pistacia lentiscus*. *st* Steinzellen mit eingelagerten Kristallen. *m* Markstrahlen, zum Teil sklerotisch. Im Siebteile des Gefäßbündels zwei Sekreträume *i* (Mastixgänge) und geschrumpfte Siebröhrenstränge.
Vergr. 300 mal. (Nach J. Moeller.)

Äußere Beschaffenheit: Rundliche Körner von $^1/_2$—2 cm Durchmesser von gelblicher bis grünlicher Färbung (260). Der Geruch und Geschmack ist spezifisch, etwas aromatisch. Die Körner sind stets trübe und erscheinen weißlich

bestäubt. Vereinzelt haben besonders abgeplattete Körner eine Zeichnung, die genau der der Oberhaut der Blätter der Pflanze entspricht. Dies sind offenbar

Abb. 9.
Oberhaut vom Blatt der *Pistacia lentiscus*. Oberseite. Vergr. 150 mal.

die Harzanteile, die auf Blätter gefallen sind (s. oben). Wiesner wies darauf hin, daß die Kutikula mit weit größerer Schärfe hervortritt, als bei der Oberhaut der Blätter.

Der frische Bruch ist glasglänzend, muschlig. Beim Kauen erweicht das Harz und bildet eine teigige Masse.

Die Dichte des Harzes wird zwischen 1,04 und 1,07 angegeben. Der Schmelzpunkt ist nach Johnston (261) bei 100°. Nach Schrötter (262) erweicht

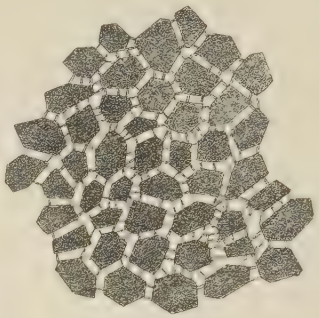


Abb. 10.
Abdruck der Oberhaut des Blattes von *Pistacia lentiscus* auf einem Mastixkorn. Tiefe Einstellung. Vergr. 200 mal.

es bei 80° und schmilzt unter beginnender Zersetzung bei 105—120°. Nach Flückiger ist die Lösung in Azeton optisch aktiv, rechtsdrehend.

Chemische Zusammensetzung: Die ausführlichste Untersuchung liegt von Tschirch und Reutter (263) vor. Sie sei hier tabellarisch angeführt:

Isoliert durch	Name	Wahrscheinliche Formel	Gestalt	Schmelzpunkt	S. Z. d.	Aus alkoholischer Lösung mit Bleiazetat	Bemerkungen
Ammoniumkarbonatlösung	α-Mastizinsäure	$C_{22}H_{35}O_2COOH$	amorph	90—91°	141	fällbar	optisch inaktiv; in den üblichen Lösungsmitteln, auch Petroläther, löslich
	β-Mastizinsäure zus.: 4%	„	„	89,5—90,5°	„	nicht fällbar	
Sodalösung	Mastikolsäure 0,5%	$C_{22}H_{35}O_2COOH$	krist. (aus Alkohol)	201°	132	fällbar	leicht in Petroläther, Azeton, Essigäther, Chloroform, Benzol und Homologen, Terpentinöl, schwerer in Äthyl-, Methyl- und Amylalkohol
	α-Mastikonsäure 20%	$C_{31}H_{47}O_2COOH$	amorph	96°	107	fällbar	Löslichkeit wie Mastikolsäure
	β-Mastikonsäure 18%	„	„	91—92°	„	nicht fällbar	
Indifferent	α-Resen 31%			74—75°	—	—	in Alkohol löslich
	β-Resen (Mastizin) 20%			klebrig	—	—	in Alkohol unlöslich
	Ätherisches Öl (264) 2%	Sdp. 155—160°; d_{15} = 0,858—0,860, α_D = +22 bis +28°. Hauptsächlich d-Pinen, hellgelb, von kampferartig balsamischem Geruch.					

Sorten: Der beste Mastix ist die von den Zweigen gesammelte Ware, die zweite Sorte die von den Steinen aufgelesene und eine dritte, ziemlich unreine die Harzmenge, die zwischen die Steine auf die Erde geraten ist. Der Mastix kommt über Triest, Marseille und London in den europäischen Handel.

Farbloser Mastix gilt als beste Sorte, auch die grüne wird geschätzt. Wiesner (265) beobachtete eine interessante Verfälschung, indem die begehrte grüne Farbe durch Färbung mittels Indigo hervorgerufen war, das mit dem Gelb des Harzes ein intensives Grün ergab, wie es sonst nicht vorkommt.

Nach Henkel (266) kommt von Afghanistan und Belutschistan eine geringe Mastixsorte von Bombay aus auf den Londoner Markt, welche von *Pistacia khinjuk* und *P. cabulica* abstammt. Die besten Sorten dieses Bombaymastix sehen wie echter Mastix aus und lösen sich gleichfalls in warmem Azeton; die Lösung dreht gleich der Lösung des echten Mastix nach rechts. Dieser Mastix wird in Indien benutzt und heißt dort »Mustagirumi«. In Nordafrika wird auch das mastixähnliche Harz der *Pistacia terebinthus var. atlantica* Desf. gesammelt und wie echter Mastix als Kauharz verwendet (267).

Verwendung: Mastix findet heute in der Lackfabrikation nur noch wenig Verwendung, wie bei Negativlacken, Decklacken bei der Zinkätzung (photographisch-mechanische Reproduktion). Für feine Spezialkitte für Edelsteine wird es benutzt, auch wohl noch hier und da zur Herstellung von Vergolderfirnis. Weiter findet es bei der Herstellung von Abdruckmassen für Zahnärzte Verwendung, beim Theater zum Ankleben von Bärten, zum Befestigen von Wundverbänden (z. B. war das im Kriege viel verwendete »Mastisol« nach Dr. v. Oettinger eine mit klebkraftsteigernden Zusätzen versehene Mastixlösung). Im Orient wird es als Kauharz und zur Herstellung eines alkoholischen Getränkes verwendet (Masziki, Raky), das durch Destillation von Mastix mit Alkohol und Anisöl unter Zusatz von Pottasche gewonnen wird. Auch ein Gebäck aus Mastix, Eiweiß, Zucker und Zitronensäure wird dort hergestellt. Auch in Griechenland wird bei dem »Matizieren« von Wein Mastix verwendet (268).

Geschichtliches: Mastix ist schon den alten Griechen und Römern bekannt gewesen (Theophrast, Dioscorides, Plinius) (mastice oder masiche, masticare = kauen! bei den Römern, Schivos der Griechen). Im Mittelalter gehörte Mastix von Chios zu den geschätztesten »Spezereien«. Es diente (auch noch im vorigen Jahrhundert) innerlich als Mittel bei Magen- und Darmleiden und äußerlich zu Einreibungen und Salben gegen Rheumatismus und Gelenkschwellungen (269).

33. Mekkabalsam. Die Stammpflanze dieses Balsams ist *Balsamodendron gileadense* Kth. (= *Commiphora opobalsamum* Engl.), eine baumartige Burseracee aus dem arabischen Küstengebiet. In Arabien wild vorkommend, wurde sie schon frühzeitig in Ägypten und Syrien kultiviert.

Gewinnung: Durch Anschneiden der Zweige oder Abbrechen der Zweigspitzen wird der Saft zum Ausfließen gebracht. Dies ist die beste Sorte, die im Orient bleibt. Die schlechtere Sorte, meist die einzige, die in den Handel kommt, wird durch Auskochen der Zweige mit Wasser gewonnen.

Im Gegensatz zu den Angaben, daß Mekkabalsam aus dem europäischen Handel verschwunden sei, teilte in ihrem Handelsbericht 1896 die Firma Gehe & Co. mit, daß er häufig durch Pilger geschmuggelt, über Konstantinopel in den Handel käme. Dies dürfte heute aber nur noch selten der Fall sein.

Äußere Beschaffenheit: Die Farbe des in den Handel gekommenen Balsams ist bräunlich bis rötlich, der Geruch terpentinartig, etwas zitronenartig, der Geschmack brennend und bitter. Er ist anfangs dünn-, später dickflüssig. Die im Orient bleibenden Sorten sind von reinerem Geruch und aromatischerem, weniger bitterem Geschmack.

Der Balsam löst sich klar in Äther, Azeton und Eisessig, trübe in Alkohol, Petroläther, Benzol, Chloroform und Schwefelkohlenstoff.

Kennzahlen: Nach Dieterich (270) ist die Säurezahl etwa 40 und die Verseifungszahl etwa 140.

Zusammensetzung: Nach Tschirch und Baur (271) enthält der

Mekkabalsam ein mit Wasserdampf flüchtiges Öl, das bei 140—170°, hauptsächlich bei 153—157° destilliert und das unter anderm Fettsäureester enthielt. Der Harzkörper besteht aus indifferenten sogenannten Resenen, aus Harzsäuren und Harzalkoholen, aber wahrscheinlich nicht aus Estern.

Verwendung: Im Altertum war der Mekkabalsam als Heilmittel und Riechstoff sehr geschätzt. Dioscorides, Strabo und Galen erwähnen ihn. Im Heimatlande ist der Balsam auch jetzt noch als Wundmittel, sowie als Stomachikum und Diaphoretikum sehr beliebt. Eine Emulsion mit Rosenwasser dient nach Rosenthal als Kosmetikum. Der aus den Produktionsländern nach Bombay gebrachte Mekkabalsam erscheint dort als Ka-tel oder Duhnul-Balsam (273). Früher auch in Pharmakopöen, ist er jetzt meistens daraus verschwunden (272).

34. Mimosaceen kommen als Harzlieferanten nicht in Betracht, sind aber Wirte für die tachardia lacca, die den Gummilack (Stocklack) liefert, und zwar werden *Acacia arabica* Willd. (*Mimosa arabica* Lam.) und *Acacia lebec* Willd. (*Albizzia lebbek* Benth.) genannt.

35. Myrrha (Gummiresina Myrrha), [Heerabol-Myrrhe (274)]. Die Herkunft der Myrrhe ist noch nicht sicher bekannt. Nur, daß eine *Commiphora*-Art das Harz liefert ist sicher, die genauere Art Nordafrikas aber ist nach Tschirch trotz der bestimmten Angaben der Pharmakopöen nicht nachgewiesen. Die Pharmakopöen nennen *Commiphora abyssinica* Engler und *C. Schimperi* Engl. als Stammpflanze (275).

Wie alle Burseraceen dürfte das Harz auch in den die Myrrhe liefernden Pflanzen in schizolysigenen Harzgängen vorkommen. Aus den Produktionsländern gelangt das Harz über Aden in den Handel oder von dort auch erst auf dem Umweg über Bombay.

Äußere Beschaffenheit: Das Harz bildet unregelmäßig geformte Klumpen von Nußgröße bis zu Apfelgröße, oft stark durchlöchert. Die rauhe Oberfläche ist gelblich oder rötlichbraun und grau bis bräunlich bestäubt. Der Bruch ist muschlig, fettglänzend rötlich bis gelb, oft gefleckt oder mit weißen »Tränen« durchsetzt. Dünne Splitter sind durchscheinend.

Der Geruch ist aromatisch, der Geschmack aromatisch und bitter. Beim Kauen haftet Myrrhe an den Zähnen. Beim Verreiben mit Wasser entsteht eine gelbe Emulsion.

Chemische Zusammensetzung: Die Myrrhe besteht aus etwa 40 bis 70% Gummi, 25—35% Harz, 2—6% ätherischem Öl und Bitterstoff.

Das Harz und das ätherische Öl wurde von Tschirch (276) untersucht, der folgendes fand:

Der alkohollösliche Teil betrug 28—30%, davon waren in Äther unlöslich 5%, und zwar waren 3% α-Heerabomyrrholol (bei 207° sinternd, bei 220° schmelzend), gibt mit alkoholischer Bleiazetatlösung Fällung: $C_{20}H_{22}O_7$, 2% β-Heerabomyrrholol (205—213°), mit alkoholischer Bleiazetatlösung nicht fällbar: $C_{20}H_{36}O_{10}$;

in Äther löslich 21—23%. Davon in Kalilauge löslich α- und β-Heerabomyrrhol (4 bzw. 2%); Schmelzpunkt 158—165 bzw. 116—124°, ersteres mit Bleiazetatlösung (alkohol.) fällbar, letzteres nicht; Formel $C_{17}H_{24}O_5$ bzw. $C_{19}H_{28}O_5$.

In Äther waren ferner noch 6% eines Resens vom Schmelzpunkt 98—104° löslich: $C_{29}H_{40}O_4$, sowie ein leicht verharzendes ätherisches Öl von der Dichte (15°) = 1,046. Hauptfraktion 250—270°: $C_{10}H_{14}O$, leicht verharzend, färbt sich am Licht rötlichblau.

Bei Destillation mit Kali gehen noch etwa 1,5% ätherisches Öl über, und es entstehen etwa 2% eines alkalilöslichen Körpers, den Tschirch trotz des viel höheren Schmelzpunktes (188—197°) als Myrrholol anspricht. Die Bildung dieses »sekundär« entstehenden Öles faßt Tschirch als Depolymerisation des in der Droge vorhandenen polymerisierten Anteiles des Öles auf. Sicher erscheint, daß ein Zusammenhang zwischen ätherischem Öl, Resen und Myrrholen besteht; so ist noch hervorzuheben, daß die Absorptionsspektren von Resen und ätherischem Öl einander sehr ähnlich sind und ersteres auch die Farbenreaktion der Myrrhe gibt (s. unten).

Man wird wohl hier noch mehr als bei den anderen Harzen annehmen können, daß Tschirchs Ergebnisse keine end-

gültigen sind; namentlich erscheinen die Formeln bei den immerhin recht hohen Molekulargewichten sehr unsicher.

Prüfung und Farbenreaktionen: Schüttelt man 1 g gepulverte Myrrhe mit 3 ccm Äther und läßt zu dem Filtrat Bromdämpfe oder Dämpfe von rauchender Salpetersäure treten, so tritt rotviolette Färbung auf. Ebenso tritt eine intensive Violettfärbung mit Hirschsohns Chloralreagenz auf (Chlor erst bei gewöhnlicher Temperatur, dann bei 100° so lange in Alkohol einleiten, als noch etwas aufgenommen wird. Das gebildete Meta-Chloral mit dem 2—4fachen Volumen an konzentrierter Schwefelsäure abscheiden, in ein Drittel seines Gewichtes an Wasser lösen und destillieren). Die Farbenreaktionen werden nach Tschirch durch den Gehalt an den beiden Myrrholen (α und β) bedingt.

Der nach völliger Extraktion der Droge mit siedendem Alkohol zurückbleibende Rückstand soll getrocknet nicht mehr als 65% ausmachen. Der Aschegehalt soll 7% nicht übersteigen.

Verwendung: Hauptsächlich zu Tinctura Myrrhae zur Zahn- und Mundpflege, auch zu Salben und Cremes und gelegentlich als Wundverschluß. Besonders ist die Verwendung als Räuchermittel zu Kulthandlungen an Stelle von Weihrauch hervorzuheben, die auf die ältesten Zeiten zurückgeht. Schon die Ägypter verwendeten das Gummiharz zum Räuchern und bei dem Einbalsamieren der Leichen (Mumien).

36. Myrtaceen. *Spermolepis gummifera* Brogn. et Gris., Neukaledonien. Liefert das Chénegomme. Heckel und Schlagdenhauffen (277).

37. Opoponax. Das frühere Opoponax stammte von einer Umbellifere *Chironium opoponax* Koch., während nach Tschirch das heute in den Handel kommende Harz von einer Burseracee *Balsamodendron kafal* Knuth herrührt (oder von *B. erythraeum*?). Tschirch bezeichnet daher die Opoponaxarten nach den Pflanzenfamilien als Umbelliferen- und Burseraceen-Opoponax.

Äußeres: Das Umbelliferen-Opoponax hat einen unangenehmen Geruch und bittern Geschmack. Es bildet frisch schmierige Stücke. Das Burseraceen-Opoponax, das jetzt fast ausschließlich im Handel ist, bildet helle bis braune Stücke, die oft hellere, fast weiße Körnchen enthalten. Der Geruch ist im Gegensatz zu dem anderen Opoponax angenehm balsamisch.

Chemische Zusammensetzung: Das Umbelliferen-Opoponax besteht etwa zur Hälfte aus einem ätherlöslichen Teil, der ein Ester der Ferulasäure mit einem Harzalkohol ist (Oporesinotannol $C_{12}H_{13}O_2 \cdot OH$). Der ätherunlösliche Teil besteht aus wenig (etwa 2%) des Harzes an freiem Oporesinotannol, ätherischem Öl, Gummi, sehr geringen Mengen freier Ferulasäure, Bassorin, Spuren von Bitterstoff und Vanillin und unbekannten Stoffen.

Das Burseraceen-Opoponax enthält nach Tschirch und Baur etwa 6—8% eines ätherischen Öls, dessen unter 150° siedender Anteil aus Terpenen besteht, dann folgte ein gelblicher Anteil, der Ester enthält, da er sich durch Verseifung in flüchtige Fettsäuren und einen nicht in Alkali löslichen Teil trennen ließ. Letzterer enthielt einen zwischen 220—255° siedenden Anteil von anisartigem Geruch. Ferner ist neben großen Mengen von Gummi etwa 20% eines Harzes vorhanden, das die genannten Autoren in einen petrolätherlöslichen und einen unlöslichen Anteil trennen konnten, denen sie die Namen α- bzw. β-Panaxresen erteilten und für die sie Formeln $C_{32}H_{54}O_4$ bzw. $C_{32}H_{52}O_5$ erteilen. Ferner wiesen sie noch das Vorhandensein eines Resinotannols nach (Panaresinotannol $C_{34}H_{50}O_8$), das in Ammoniak löslich war und mit Eisenchlorid eine grünlich-schwarze Färbung gibt.

Durch Behandlung mit gespanntem Wasserdampf wie auch durch trockene Destillation gewannen Tschirch und Baur einen wohlcharakterisierten kristallisierten Körper vom Schmelzpunkt 176°, dem die Formel $C_{24}H_{48}O$ zugesprochen wurde. Da er azetylierbar ist, muß es sich um einen Alkohol handeln. Er ist dann dem Phytosterin homolog. Ein Körper von sonst gleicher Formel, nur mit zwei statt einem Sauerstoffatom. Der Körper wurde Chironol genannt. Er ist nicht vorgebildet im Harz, auch konnte die Muttersubstanz nicht aufgefunden werden.

Verwendung: Die Verwendung ist sehr gering, zu Parfümeriezwecken. Das Harz hat aber mit dem Parfüm Opoponax nichts zu tun.

Nach K. Dieterich liegen die Säurezahlen des Burseraceen-Opoponax zwischen 10 und 30, die Verseifungszahlen zwischen 96 und 152, die Esterzahlen 82 und 125. Die entsprechenden Zahlen beim Umbelliferen-Opoponax sind SZ. = 32 bis 58, VZ. = 137—199, EZ. = 105—142.

38. **Papilionaceenharze** s. Drachenblut (Farbstoffe Nr. 170), Gummilack Nr. 22, Perubalsam Nr. 39, Tolubalsam Nr. 49.

39. **Perubalsam.** Dieser Balsam erscheint im Handel auch unter den Namen »Baume de St. Salvador« oder »Baume de Pérou« (in Frankreich), »Balsam of Peru« (in England) und »Balsamum Indicum nigrum« (in den Pharmakopöen). Der Name kommt daher, daß zur Zeit der spanischen Herrschaft die Produkte der pazifischen Küste sich in Peru sammelten. In Peru wird kein »Perubalsam« gewonnen.

Früher hielt man *Myroxylon peruiferum* für die Stammpflanze dieses Balsams. Spätere Untersuchungen haben aber gezeigt, daß *Myroxylon Pereirae* (*Myroxylon balsamum* var. *Pereirae*) als wahre Stammpflanze des Perubalsams bezeichnet werden müsse.

Nach Harms [Nomenklatur des Perubalsambaumes (278)] sind zwei Arten der Gattung *Myroxylon* L. f. (= *Toluifera* L.) zu unterscheiden: *M. peruiferum* L. f., dessen Samen äußerlich von tiefen harzerfüllten Furchen durchzogen sind und *M. balsamum* (L.) Harms, mit glatten Samen. Nur die letztere Art liefert Balsam, und zwar sowohl den Peru- als den Tolubalsam. Die typische Form von *Myroxylon balsamum* liefert den Tolu-, die Form *M. balsamum* var. *Pereirae* den Perubalsam.

Dieser Baum hat einen engen Verbreitungsbezirk, er ist nämlich auf einen Teil der Balsamküste des zentralamerikanischen Staates St. Salvador (Costa del Balsamo) beschränkt, wächst aber nicht unmittelbar an der Küste, sondern tiefer landeinwärts, entweder geschlossene Bestände bildend, oder mit anderen Baumarten vergesellschaftet.

Aller im Handel erscheinende Perubalsam kommt von dem zwischen Libertad und Akahuatla gelegenen Teile der Balsamküste. Sonsonate ist der Mittelpunkt der Balsamgewinnung. Es sollen allerdings einige andere im Norden Südamerikas vorkommende *Myroxylon*-Arten ein ähnliches Produkt liefern. Nach Dorat (279) ist dies aber sehr zweifelhaft. Sollten in der Tat solche Balsamsorten außerhalb der Balsamdistrikte St. Salvadors gewonnen werden, so sind sie doch für den Handel bis jetzt ohne alle Bedeutung geblieben.

Gewinnung: Nach den Mitteilungen von Dorat (279) wird der größte Teil des Balsams in der Ansiedlung Chiltiuapan gewonnen. Zur Zeit der Besitzergreifung des Landes durch die Spanier wurden die Bäume (wahrscheinlich nach vorhergehender Verletzung) gefällt und das junge Holz ausgekocht. Jetzt wird, wie schon seit alter Zeit, der Balsam auf eine von den Ureinwohnern ersonnene Art gewonnen. Durch Klopfen mit Hämmern und Beilen wird an vier Seiten die Rinde gelöst, wobei aber breite Rindenstreifen unverletzt bleiben müssen. Die gelockerte Rinde wird nach einigen Tagen mittels Pechfackeln angekohlt und dann entfernt, wenn sie nicht von selbst abfällt. Sobald aus dem freigelegten Holz der gelbliche Balsam quillt, wird die Wundstelle mit Lappen bedeckt. Nachdem diese sich mit Balsam vollgesogen haben, werden sie ausgedrückt (beste Sorte des Balsams). Der Rest wird dann durch Auskochen der ausgedrückten Lappen gewonnen (schlechtere Sorte).

Die in der regenlosen Zeit (etwa November bis Mai) vorgenommene Gewinnung kann an demselben Baume mehrmals vorgenommen werden. Bei rationeller Schwelung gibt ein Baum etwa 30 Jahre hindurch jährlich 2,5 kg Balsam.

Nach anderen Angaben wird auch die Rinde unmittelbar abgelöst und die Wunde mit Baumwollzeug verstopft. Nach Entfernung desselben (das also Balsam ohne Schwelung enthält) wird neues Zeug hineingestopft und nun geschwelt, aber nicht bis zur Verkohlung. Endlich wird auch die Rinde ausgekocht. Diese, die schlechteste Sorte, wird im Gegensatz zu

den anderen (balsamo de trapo) »balsamo de cascaro« genannt.

Entstehung des Balsams in der Pflanze: Nach übereinstimmenden Untersuchungsergebnissen von Flückiger (280), Vogl (281), Moeller (282), Tschirch (283) sind ursprünglich weder in der Rinde, noch im Holze von *Myroxylon Pereirae* Sekretbehälter oder balsamführende Zellen vorhanden. Der Balsam ist ein durch die Verletzung sich erst bildendes pathogenes Produkt.

Äußere Beschaffenheit: Der auf die geschilderte Art gewonnene Balsam, der gelegentlich auch als »schwarzer« Perubalsam bezeichnet wird, ist heute die einzige Handelsware. Früher kamen auch kleine Mengen von »weißem« Perubalsam vor, der durch Auspressen aus den Früchten von *Myroxylon Pereirae* gewonnen wurde (284).

Der Perubalsam ist ziemlich dünnflüssig, in dünner Schicht honiggelb und in dicker braunschwarz bis rötlich, auch grünlichschwarz. Der Geruch ist angenehm, ähnlich dem des Benzoeharzes. Der anfangs milde Geschmack wird bald kratzig und scharf. Nach Mitteilungen von Gehe & Co. sind alle Balsamsorten zunächst trübe, klären sich aber (bis auf die geringeren Sorten) beim Lagern. Die besten Sorten erscheinen auch unter dem Mikroskop homogen.

Die Dichte ist etwa 1,14—1,16.

Löslichkeit und Kennzahlen s. Tabellen S. 1098.

Chemische Zusammensetzung: Die Hauptmenge des Perubalsams bildet das in einer Menge von etwa 60—75 % vorhandene Cinnamein, das von Fremy (285) entdeckt und von Kraut (286) als eine Mischung von Benzoesäurebenzylester mit (weniger) Zimtsäurebenzylester erkannt wurde. Es bildet eine farblose, in Äther und Alkohol lösliche, aromatisch schmeckende Flüssigkeit vom Siedepunkt 298—302°, die bei —20° noch nicht fest wird. Ferner wurde von Thoms (287) im Cinnamein eine cumarinartig riechende flüssige Substanz (»Peruviol« $C_{13}H_{22}O$) gefunden. Im Balsam fand Thoms noch eine Säure vom Schmelzpunkt 79—80°, wahrscheinlich Dihydroxybenzoesäure. Schmidt (288) fand im Balsam rund 0,05 % Vanillin.

Das durch Schwefelkohlenstoff aus dem Balsam abgeschiedene Reinharz ist nach Tschirch und Trog (Arch. d. Pharm. [1894] 23) ein in einer Menge von 20 bis 28 % vorhandener Ester der Zimtsäure (neben wenig Benzoesäure) mit einem Harzalkohol »Peruresinotannol« $C_{18}H_{19}O_4 \cdot OH$.

Die Mengen von Benzoesäureester und Zimtsäureester scheinen stark zu variieren. Tschirch und Trog (a. a. O.) hatten bedeutend mehr Benzoesäureester im Cinnamein gefunden, Thoms fand dagegen das Verhältnis von Zimtsäureester zu Benzoesäureester wie 6 : 4.

Untersuchung von Perubalsam: Der Balsam wird viel verfälscht, teils durch Zugabe von fetten Ölen u. dgl., teils durch Zugabe von künstlichem Balsam (einem Gemisch der genannten Ester).

Zum Nachweis fetter Öle, besonders von Rizinusöl, ist die Probe von Mauch (289) brauchbar: Reiner Perubalsam löst sich klar in der fünffachen Menge von 80%igem Chloralhydrat, während verschnittener sich trübe löst.

Auch die Probe nach Hager-Enz (290) ist brauchbar zur Unterscheidung von natürlichem und künstlichem Balsam: Einige Tropfen Balsam, mit 19 ccm eiskaltem Petroläther geschüttelt, haften bei reinem Balsam an der Wand, wobei der Petroläther klar bleibt. Unreiner Balsam wird flockig und der Petroläther bleibt längere Zeit trübe.

Wichtig ist auch die Bestimmung des Cinnameins (s. oben): Je 2,5 g Balsam, 10%ige Natronlauge und Wasser werden gemischt und mit 50 ccm Äther ausgeschüttelt. 25 ccm des Äthers werden abgedampft und der Rückstand wird bei 100° getrocknet. Das Gewicht mal 80 ist der Prozentsatz am Cinnamein. Die Menge ist bei reinem Balsam fast stets über 60 % bis zu etwa 65 %. Das DABV schreibt Mindestgehalt von 56 % vor.

Über die Unzuverlässigkeit der vielfach vorgeschlagenen Farbenproben siehe H. Wolff (291).

Verwendung: Die Hauptverwendung ist in der Medizin, wo er zur Behandlung von Hautkrankheiten, Ekzemen, zur Entfernung von Parasiten und Unge-

ziefer usw. heute, wie vor Jahrhunderten dient. Auch in der Parfumerie (Haarpomade u. dgl.) wird er verwendet, angeblich auch bei geringen Schokoladensorten an Stelle von Vanille, ferner zur Bereitung des »Chrisma« der katholischen Kirche.

Geschichtliches: Der Perubalsam ist eine Erfindung der Ureinwohner der Balsamküste von St. Salvador. Er wurde nach Eroberung des Landes von den Spaniern im Anfange des 16. Jahrhunderts nach Europa gebracht und hat sich bald im Arzneischatz der europäischen Länder eingebürgert.

Anhang: An Stelle des natürlichen Perubalsams wird auch viel das Perugen verwendet, das eine synthetische Nachahmung des Hauptbestandteils und ein Gemisch von Zimt- und Benzoesäurebenzylester darstellt, teils für sich, teils in Mischung mit Rizinusöl (Peruol).

40. Pittosporaceenharze. Die Pittosporaceen bilden schizogene Harzgänge nach Niedenzu und liefern bisher nicht verwendete Harze. Nur das wohlriechende Balsamharz von *Myrothamnus flabelliformis* Welw. in Angola findet lokale medizinische Verwendung (292).

41. Rubiaceenharze. Gardeniaharze spielen keine Rolle; bekannt geworden sind die Harze von *Gardenia lucida* Roxb., Indien (Cumbeeharz) (293).

Gardenia gummifera L. fil. (= *G. arborea* Roxb. = *G. inermis* Dietr.), Indien, liefert ein Harz »Dikkamaly«, auch Combee genannt (294). Auch die Harze der neukaledonischen *G. oudiepe* Vieil., *G. Aubryi* Vieil. und *G. sulcata* Gärtn. werden erwähnt (295).

42. Sandarak (Wacholderharz, Resina Sandaraca). Die Herkunft dieses Harzes ist, nachdem anfangs irrtümlicherweise *Juniperus communis* oder *oxycedrus* für die Stammpflanze gehalten wurde, von Broussonet (296) ausfindig gemacht worden. Das Harz stammt von *Callitris quadrivalvis* (= *Thuja articulata* Vahl = *Frenella Fontanesii* Mirb.), einer im nördlichen und nordwestlichen Afrika einheimischen Konifere (297). Ein andrer Repräsentant dieser Gattung, *C. Preissii* (= *C. robusta* R. Br. = *Frenella robusta* Cunn.) liefert ein dem eigentlichen Sandarak ähnliches Harz (Heimat Südaustralien).

Nach übereinstimmenden Untersuchungen von Moeller (298) und Tschirch (299) entstehen die anfangs kugeligen, dann sich vertikal ausdehnenden schizogenen Harzgänge in der Innenrinde. Diese besteht aus einem Siebteil, dessen Elemente mit Kristallgrus gefüllt sind und in tangentialen Reihen dünnwandige verholzte Fasern führen. Schon an 0,6 mm starken Stämmen bildet sich Borke. Das Stammholz ist frei von Harzgängen.

Obwohl das Harz schon freiwillig bei den geringsten spontanen Verletzungen ausfließt, schneidet man zur Vermehrung des Harzflusses Stamm und Äste an. Das ausfließende Harz erstarrt rasch.

Äußere Beschaffenheit: Rundliche, meist etwas längliche Körner von 0,5—1,5 cm Durchmesser. Die kleineren sind häufiger, bisweilen auch stalaktitische Massen bis zu etwa 3—4 cm Länge. Die Farbe ist meistens lichtgelb, sehr selten wasserhell, gelegentlich etwas bräunlich. Die Oberfläche ist ähnlich wie beim Mastix, dem das Harz äußerlich nicht unähnlich ist, durch Erstarrungsfiguren weißlich, scheinbar bestäubt.

Der Geschmack ist bitterlich, der Geruch schwach aromatisch. Das Harz von *Callitris Preissii* hat stärker balsamischen Geruch. Beim Kauen zerfällt Sandarak in ein an den Zähnen haftendes Pulver. Schon dadurch ist er leicht von dem plastisch werdenden Mastix zu unterscheiden (s. S. 1076). Bruch: glasglänzend, schwach muschlig.

Die physikalischen Kennzahlen sind, wie gewöhnlich, nur sehr wenig bestimmt. Angaben für das spez. Gewicht wie 1,092 (Brisson), 1,05 (Pfaff), 1,066 (Flückiger) haben daher nur orientierenden Wert. Die Härte ist ziemlich hoch, etwa der von Kaurikopal gleich, härter als Mastix und Gips. Löslichkeit s. S. 1098.

Chemische Zusammensetzung: Wie alle Koniferenharze, mit Ausnahme der fossilen, die erhebliche chemische Umwandlungen erfahren haben, besteht Sandarak hauptsächlich aus freien Harzsäuren.

Nach Tschirch und M. Wolff (300) sind folgende Bestandteile vorhanden:

Abtrennung	Name	Wahrscheinliche Formel	Gestalt	Schmelzpunkt	S. Z. k	V. Z. h	Aus alkoholischer Lösung mit Bleiazetat	Bemerkungen
Mit Ammoniumkarbonat ausschüttelbar	Sandarazinsäure 2,3%	$C_{21}H_3COOH$	amorph	186—188° Zersetz.	162	173—176	fällbar	optisch aktiv. Mit festem Kali scheidet sich K-Salz aus
Mit Sodalösung ausschüttelbar	Sandarazinolsäure	$C_{23}H_{35}O{\cdot}COOH$	amorph	175° Rotfärb. 265—275° Zersetz.	159 -161	164 (1 St.) 170 (2 St.) 172 (3 St.)	fällbar	unlöslich in Benzin, Benzol, Chloroform, Petroläther. Bei der Verseifung Rotfärbung
Mit Sodalösung ausschüttelbar	Sandarakopimarsäure	$C_{19}H_{29}{\cdot}COOH$	kristall. (Nadeln)	170°	187	194	nicht fällbar	identisch mit der inaktiven Pimarsäure von Henry (302)
Indifferente Stoffe	Sandaracoresen 3,3%	$C_{22}H_{36}O_2$	amorph	57°	—	—	—	löslich in Alkohol, Äther, Azeton, Benzol; unlöslich in Petroläther und Alkalilösungen
	Ätherisches Öl (301) 1,3%	—	—	—	-	—	—	siedet hauptsächlich bei 152—159° [Pinen?], hat tannenartigen Geruch und scheidet beim Stehen einen stearoptenartigen Körper aus

Interessant ist ferner die Auffindung einer Verbindung, die als Natriumsalz aus den Mutterlaugen der Sandarakopimarsäure kristallisierte (Schmelzpunkt 83—85°) und die beim Aufbewahren im Exsikkator einen formaldehydartigen Geruch und bitteren Geschmack annahm und dann Fehlingsche Lösung und ammoniakalische Silbernitratlösung reduzierte. Hier konnte Tschirch zum ersten Male die von ihm schon früher ausgesprochenen Beziehungen zwischen Bitterstoff und Harzsäure bestätigen.

Kennzahlen des Harzes s. Tabelle S. 1098.

Der Sandarak wird größtenteils von dem marokkanischen Hafen Magador, auch Casablanca und Mazagan über Triest und Marseille verschifft. Nach Deutschland aus Magador nach Hamburg (303).

Verwendung: Zu »flüchtigen Lacken« (Retouchierlacken für Photographie, Papierlacken, Vergolderfirnis), Glas- und Porzellankitten. Auch zur Herstellung von Räucherwaren wird Sandarak benutzt. Auch als Radierpulver wurde er verwendet.

Im Mittelalter wurde er als Bilderfirnis und medizinisch verwendet. Sein früherer Name »Vernix« ist Ursprung des Wortes »Firnis«. Im Altertum war Sandarak bereits bekannt, wenn auch das Wort »Sandarak« etwas ganz anderes bezeichnete (z. B. bei Aristoteles: Realgar). Im Mittelalter war er eine beliebte Medizinaldroge, bei den Arabern wurde er innerlich gegen Diarrhöe, bei den Chinesen als Stimulans und Sedativum benutzt.

Der Sandarak aus *Callitris Preissii* besteht aus längeren und dickeren Körnern als der gewöhnliche Sandarak, stimmt aber sonst genau mit dem afrikanischen aus *C. quadrivalvis* überein. Nach P. Maiden (304) sollen noch andere Callitrisarten Sandarak liefern, wie *C. verrucosa* und *C. cupressiformis*, ferner *C. Macleyana, C. Parlatorei, C. columellaris, C. Muelleri* und *C. calcarata.*

Juniperus communis L.: Das aus der Rinde des Wachholders ausfließende Harz wurde früher gesammelt und kam als »Wachholderharz« oder »deutscher Sandarak« in den Handel.

43. Scammonium. Dieses Harz stammt von der Convolvulacee *Convolvulus scammonia* L., östliches Mittelmeergebiet, besonders Kleinasien. Das eigentliche Scammonium ist der eingetrocknete Milchsaft, jedoch wird, da dieses Produkt meist sehr unrein ist, für pharmazeutische Zwecke meist das mit Alkohol aus der Wurzel der Pflanze extrahierte Harz verwandt.

Äußeres: Das Scammonium aus Aleppo stellt graue bis graugrüne, im Bruch wachsartig aussehende unregelmäßige Stücke dar, das Scammonium aus Smyrna ist dunkel bis fast schwarz. Im Gegensatz zu dem Aleppoharz gibt es mit Wasser keine Emulsion.

Zusammensetzung: Über die Zusammensetzung ist nicht viel bekannt. Im wesentlichen besteht es aus Scammonin, $C_{34}H_{56}O_{16}$, das mit dem Jalapin aus Jalappenharz identisch sein soll. (Die Formel erscheint höchst unsicher.)

Verwendung: Scammonium wurde seit alter Zeit als Purgiermittel verwendet. Es ist aus unserem Arzneischatze verschwunden.

44. Storax. Dieses Harz (auch Styrax, Styrax liquidus, Balsamum Styrax liquidus) stammt von *Liquidambar orientalis* Miller (= *L. imberbe* Ait. = *Plateanus occidentalis* Poc.), einer Hamamelidacee. Der platanenähnliche Baum kommt in Kleinasien und Syrien vor, stellenweise kleine Wäldchen bildend. Der Distrikt Mutesche in der kleinasiatischen Landschaft Karien ist die einzige Gegend, in der Styrax als Handelware gewonnen wird (305), besonders zu Budrun, dem alten Halikarnassos (306).

Bildung des Harzes: Nach den eingehenden Untersuchungen von J. Moeller (305) ist der Balsam ein durchaus pathogenes Produkt. Weder in der Rinde noch im Holze lassen sich im normalen Zustande Sekretbehälter nachweisen. Durch jede Verletzung der Rinde, seien es Einschnitte oder Hammerschläge, entsteht eine Balsambildung und Bildung von Harzgängen. Die Balsambildung findet ausschließlich in dem jungen Holze statt, nicht in der Rinde, wie dies bisweilen angeführt wird. Wenn die Rinde Balsam enthält, so ist dies nur aus dem Holz hineingesickert.

Gewinnung: Nach übereinstimmenden Angaben mehrerer Beobachter (307) werden zur Zeit, wenn der Baum im vollen Safte steht (Juli bis September), Streifen von der Rinde abgelöst und jährlich ein Viertel der ganzen Rinde entfernt. Nach der Entstehung muß dabei ein Teil des Splintholzes mit entfernt werden. Nach Entblößung des ganzen Stammes von Rinde wird der Baum gefällt, der sich durch Stockausschlag verjüngt. Die gebündelte Rinde wird in Wasser ausgekocht und dann in Säcken aus Ziegenhaar ausgepreßt. Der ausgepreßte Balsam samt schmutzig rötlichem Wasser wird aufgefangen und der sich ausscheidende Balsam zum Transport in Fässer getan, die zu ein Fünftel mit Wasser gefüllt sind, um den Storax weich zu erhalten und die Verflüchtigung des Aromas hintanzuhalten. Vor dem Verkaufe wird das Wasser abgegossen und der Balsam geknetet, bis alles Wasser abgelaufen ist.

Äußere Beschaffenheit: Der Styrax liquidus ist eine breiartige, trübe zäh-klebrige Masse vom spezifischen Gewicht 1,112—1,115. Der Geruch ist angenehm vanilleartig, beim Erwärmen zimtartig, der Geschmack kratzend. Die anfangs graue Färbung verändert sich beim Aufbewahren, wird dunkler, bräunlicher, auch wohl grünstichig. Der Geruch verbessert sich, die Masse wird homogener durch Entweichen des fein verteilten Wassers und Absetzen von Verunreinigungen.

Der frische Balsam zeigt unter dem Mikroskop eine Unzahl kleiner Balsamkügelchen in wässrigen Tropfen und Kristalle von Zimtsäure. Erwärmt man auf dem Objektträger, so kristallisiert beim Erkalten das Styrazin (s. unten) in feinen Kristallnädelchen heraus, während die Zimtsäure in Tafeln und Prismen erscheint. Ferner finden sich fast stets Gewebsbestandteile der Pflanze. Älterer Balsam weist keine Balsamkügelchen auf, sondern eine homogene Grundmasse mit Kristallen und Kristallfragmenten von Zimtsäure und Styrazin. Beim Erwärmen bilden sich reichlich Kristalle dieser Verbindungen am Rande des Präparates.

Weiteres siehe unten unter »Sorten«.

Chemische Zusammensetzung: Die Zusammensetzung des Storax schwankt sehr. Im wesentlichen handelt es sich um ein Gemisch aus Zimtsäure und

Zimtsäureestern. Von den letzteren wurde das Styrazin (Zimtsäurezimtester, $C_6H_5 \cdot CH : CH \cdot COO \cdot CH_2 \cdot CH : CH \cdot C_6H_5$) schon 1827 von Bonastre (308) aufgefunden. Zimtsäurephenylpropylester, $C_6H_5 \cdot CH : CH \cdot COOCH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot C_6H_5$ und Zimtsäureäthylester wurde von Miller (309) zuerst entdeckt. Auch zwei alkoholartige Harzkörper gab dieser Autor an, während Tschirch (310) einen Harzalkohol an Zimtsäure verestert fand, den er als Storesinol bezeichnete und dem er die Formel $C_{16}H_{25}O \cdot OH$ gab und das ein Isomeres des Harzalkohols aus dem Benzoeharz sein soll, dem Benzoresinol. Die Storesine von Miller erklärt er als Produkte unvollständiger Verseifung des Resinolzimtsäureesters. Nach Henze (311) hingegen ist das Storesinol Tschirchs bzw. dessen Ester nicht einheitlich, sondern ein Gemisch von mindestens 5—6 Körpern, darunter Pimar- und Abietinsäure, einem Keton und einem Harzalkohol. Außer den genannten Verbindungen sind in kleinen Mengen noch Styrol (2—3 %) (312) und Vanillin (0,1 bis 0,2 %) (nach Dieterich 25—40 %) vorhanden. Endlich sind stets Wasser und Verunreinigungen zugegen, die in Alkohol nicht löslich sind (313).

M. Henze (318) hat im Storax freie Koniferenharzsäuren gefunden. Nach Tschirch (319) stammen diese aber aus Verunreinigungen. Van Itallie und Lemkes (320) fanden in reinem Styrax nichts dergleichen.

Sorten und Prüfung: Der offizinelle Styrax soll, mit der gleichen Menge Alkohol behandelt, ein Filtrat ergeben, das einen Abdampfrückstand von mindestens 65 % des angewendeten Styrax ausmacht. Der getrocknete unlösliche Rückstand soll höchstens 2,5 % betragen. Das Alkoholextrakt soll in Äther, Schwefelkohlenstoff und Benzol fast völlig, in Petroläther aber nur unvollständig löslich sein. (Die Bestimmung von Säure- und Verseifungszahl, Tabelle S. 1098, vervollständigt das Bild.)

Beim Verreiben von 1 g Styrax mit 3 g konzentrierter Schwefelsäure soll eine zerreibliche Masse entstehen. Ein Tropfen des Styrax, auf einer Porzellanplatte verrieben, soll mit roher Salpetersäure eine schmutziggrüne Färbung ergeben. Blaue Färbung verrät Verschnitt mit Terpentin, braune oder rote mit anderen Harzen.

Gereinigter Styrax bildet eine braune, in dünner Schicht durchsichtige Masse von sirupartiger Konsistenz, die beim Trocknen nicht mehr als 10 % Gewichtsverlust zeigen darf und sich klar im gleichen Gewichtsteil Alkohol (90%ig) löst, aber auf weiteren Zusatz wieder trübt. Der gereinigte Styrax wird durch Alkoholextraktion des rohen gewonnen. Das Extrakt wird eingedampft.

Gemeiner Styrax (Styrax calamitus) wird aus dem Preßrückstand von der Gewinnung (s. diese), der aus balsamhaltigem Holz und Rinde besteht, gewonnen. Diese Preßrückstände werden mit etwa ein Drittel Styrax vermischt und erhitzt, bis die Masse tiefbraun geworden ist. Auch andere Rinden, z. B. von *Cinnamonum zeylanicum, C. cassia* u. a. m., ferner Sägespäne gemeiner europäischer Laubhölzer werden hineingearbeitet.

Storaxin Körnern ist ein Kunstprodukt. Die länglichen Körner von wenigen Millimeter Querdurchmesser werden künstlich aus älterem erstarrten Styrax hergestellt.

Amerikanischer Styrax (Sweet gum) stammt von dem in Zentralamerika und dem ganzen atlantischen Nordamerika vorkommenden *Liquidambar styraciflua* (314). Die Zusammensetzung ist annähernd die gleiche, wie die des orientalischen Styrax, nur konnte nach übereinstimmender Angabe von Miller (309) und Tschirch (310) kein Zimtsäureäthylester aufgefunden werden. Letzterer fand an Stelle des Storesinols eine isomere von ihm als Styresinol bezeichnete Verbindung. Bei der Wasserdampfdestillation wurde im Gegensatz zu dem orientalischen Styrax, der ein linksdrehendes Öl ergibt ($\alpha_D = -3$ bis $-38°$), ein rechtsdrehendes erhalten ($\alpha_D = +16°$) (315). Watermeyer (321) untersuchte flüssigen amerikanischen Storax von *Liquidambar styraciflua* L. vom Hochgebirge von Honduras. Die Ausbeute an gereinigtem Harz war 85 % (SZ 41, VZ 179). Das Harz enthielt abnorm wenig Zimtsäure und mehr aromatische Bestandteile, weswegen es wertvoller ist als das asiatische.

Verwendung: Medizinisch wie Perubalsam, ferner in der Parfümerie. Der

amerikanische Styrax wird vornehmlich als wesentlicher Bestandteil der Kaugummis benutzt, die in Amerika so beliebt sind und neuerdings auch Eingang in Europa finden.

Geschichtliches: Der Storax der Alten, den Theophrast und Herodot erwähnen, ist zweifellos ein von *Styrax officinalis* herrührendes festes harziges Produkt gewesen, das schon zu Zeiten Herodots von den Phöniziern nach Griechenland gebracht wurde. Es ist überhaupt ein weitverbreitetes Produkt gewesen, denn ein chinesischer Bericht von 629 gibt genau Herkunft und Gewinnung an.

Dies feste Harz ist seit langer Zeit aus dem Handel verschwunden, wenn es auch zu lokalem Gebrauch der griechischen Kirche und in den Moscheen noch hier und da in Kleinasien gesammelt wird (316). Die mittelalterlichen Angaben sind undeutlich; es ist aus ihnen nicht zu ersehen, ob unter dem damals als Storax bezeichneten Produkt das Harz von *Styrax officinalis* oder der Balsam von *Liquidambar orientalis* gemeint ist. Das erstere scheint bis ins Mittelalter hinein noch in Verwendung gewesen zu sein. In Europa schon seit dem 11. Jahrhundert als Krätzemittel, auch innerlich bei Asthma, Bronchialkatarrh, Fluor albus und in der Kosmetik verwendet. Nur von dem ausdrücklich als flüssiger Styrax bezeichneten Produkt kann man annehmen, daß es auch damals der Balsam von *Liquidambar orientalis* war. Es träte dann sicher im 17. Jahrhundert in den Pharmakopöen als Bestandteil von Medikamenten auf (317).

Von anderen Liquidambar-Arten werden erwähnt: *Altingia excelsa* Noran. (= *Liquidambar altingianium* Blum.), Java und Sumatra (das Harz heißt dort »Kindai«). *L. tricuspis* Miqu. auf Sumatra liefert einen Balsam »Sigedungdung« oder »Macendung« (322).

45. Styraceenharze siehe Benzoeharz.

46. Tacamahac. Das Tacamahac-Harz, dem allerdings keinerlei Bedeutung zuzusprechen ist, wird auch als »echtes Tacamahac« oder Bourbon-Tacamahac bezeichnet zum Unterschiede von Tacamahac-Elemi. Letzteres stammt von einer Icicaart (Burseracee) ab, während das »echte Tacamahac« von einer Guttifere *Calophyllum tacamahac* abstammen soll. Jedoch ist die Herkunft nicht sicher. Tacamahac wird auch als »westindisches Anime« bezeichnet, ist aber nicht mit dem Animeharz identisch. Dieterich führt folgende Sorten auf: von *Calophyllum inophyllum:*

1. Ostindisches Tacamahac (T. alba oder T. orientalis), ein gelbliches, graubraunes halbdurchsichtiges, fettglänzendes, weiches, klebriges Harz von lavendelartigem Geruch und bitterem Geschmack.

2. Bourbon-Tacamahac oder Marienbalsam, weiches, dunkelblaugrünes, klebendes, etwas nach *Foenum graecum* riechendes, in Alkohol nur teilweise lösliches Harz. Es soll mit Carannaharz identisch sein, was aber auch bestritten wird.

3. Amerikanisches Tacamahac (T. occidentalis), festes Harz in kleineren und größeren Stücken, leicht zerbrechlich, etwas durchscheinend, braun. Der Bruch ist flach und glänzend.

Ein dem Tacamahac ähnliches Harz soll nach Dieterich von *Calophyllum calaba* stammen und unter dem Namen »Resina Ocuje« bekannt sein.

Eine Probe des echten Tacamahac, dessen Stammpflanze und Herkunft aber nicht zu ermitteln war, wurde ausführlicher von Tschirch und Saal untersucht. Es waren haselnußgroße gelbliche, klare, durchsichtige bis bräunliche Stücke, die beim Kauen erweichten. Das durch Extraktion mit Äther gewonnene Reinharz hatte den Schmelzpunkt 85 bis 87°. Es war außer in Äther noch löslich in Alkohol, Chloroform, Benzol, Toluol, Petroläther, Methylalkohol, Azeton, Schwefelkohlenstoff. Die alkoholische Lösung reagierte schwach sauer. SZ 8,4; VZ 36,4. Mit Ammoniumkarbonat wurde eine nicht kristallisierte, optisch inaktive Säure (Tacamahinsäure) (0,5 % des Harzes) ausgezogen vom Schmelzpunkt 95° (Formel $C_{34}H_{72}O_2$ [?]). In Sodalösung ging in gleicher Menge eine bei 104 bis 106° schmelzende Säure (Tacamaholsäure) in Lösung, die ebenfalls nicht kristallisiert erhalten wurde ($C_{15}H_{26}O_2$). Der indifferente Teil wurde durch Alkohol (d = 0,892) in ein alkoholunlösliches α-Resen und ein lösliches β-Resen zerlegt. Die Menge des ersteren betrug 50 %, die

des zweiten 30 % des Reinharzes. Ferner wurden im Rohharz 3 % eines Kalzium enthaltenden Gummis gefunden, dessen Lösung mit Bleiessig, aber nicht mit Bleiazetat Fällungen ergab und das nach Inversion mit Salzsäure Fehlingsche Lösung reduzierte; außerdem waren 1 % Bitterstoff und etwa 10 % Verunreinigungen festgestellt. Endlich fanden sich 3 % ätherisches Öl, dessen Hauptmenge bei 170—175° destillierte, während der Rest bis 210° überging.

Es sei bemerkt, daß Dieterich andere SZ und VZ fand. Die SZ schwankte zwischen etwa 20 und 40, die VZ zwischen etwa 55 und 125. Dieterich bemerkt, daß alle Harze sehr unrein, einige auch wohl Kunstprodukte waren. Literatur (323).

47. Terpentine und Kolophonium. a) Terpentine. Unter Terpentin versteht man heute die Balsame der verschiedensten Abietineen (324). Nordamerika und eine Reihe europäischer Staaten sind die Hauptlieferanten. In den Vereinigten Staaten wird die größte Menge an Terpentin und den aus ihm gewonnenen Stoffen, Terpentinöl und Kolophonium erzeugt.

Als Lieferanten für den amerikanischen Terpentin werden angegeben: *Abies balsamea, Pinus strobus, Pinus resinosa* Ait., *Pinus taeda* (White Pine oder Loblolly-Fichte) von Virginien südlich bis Florida, *Pinus palustris* (Yellow-Pine, Pitch-Pine, Broom-Pine) von Karolina bis Florida. Die beiden zuletzt genannten Arten liefern die größte Menge des Balsams, der an den atlantischen Küsten Nordamerikas, namentlich Karolina, in erster Linie gewonnen wird. Auch Florida kommt immer mehr für die Harzung in Betracht. Auch *Pinus cubensis* (Swamp Pine) wird geharzt. Über *Pinus Fraseri* und *Abies balsamea* s. unter Kanadabalsam Nr. 27.

Von den europäischen Ländern ist es besonders Frankreich, das Terpentin bzw. die genannten Produkte aus diesem Balsam liefert. Hier wird vor allem *Pinus maritima,* auch wohl *Pinus laricio* geharzt. Die gleichen Bäume sind es auch, die in Spanien und Portugal ausgebeutet werden.

In anderen Gegenden sind es noch *Picea excelsa* (u. a. auch in Deutschland), *Abies pectinata, Pinus silvestris, Pinus cembra* (soweit bekannt, nur in den Karpathen). In Algier ist es *Pinus maritima,* in Assam *P. Khasiana,* in Birma *P. Markusii.* Als asiatische Terpentinlieferanten werden auch *P. orientalis* Link., *P. longifolia* Roxb. genannt (325).

Entstehung des Terpentins: Der Balsam entsteht teils in der Rinde, teils in dem jungen Holze der Abietineen. In der Rinde scheint es vor allem der Zellinhalt zu sein, der das Material zur Harzbildung hergibt, unter anderm auch die Stärke. Im Holzkörper dürfte auch die Zellwand mit zur Harzbildung herangezogen werden. Die Harzgänge, in denen sich der Terpentin ansammelt und nach außen oder nach dem Holzkörper hingeleitet wird, finden sich in allen Abietineen. In der Tanne, in der man die Balsamgänge lange nicht gefunden hatte, wurden sie von Dippel (326) entdeckt. Allerdings wurde später behauptet, daß es sich bei der Tanne um pathologische Bildung handelt, die durch weitgehende Verwachsung verschleiert ist (327).

Die Harzgänge treten stets in der Rinde, oft aber auch im Holzkörper der Abietineen auf und entstehen kurz nach Anlage der betreffenden Gewebe durch Trennung (schizogen) oder auch, besonders in älteren Rinden durch Umwandlung ganzer Gewebspartien (lysigen).

Die Verteilung des Harzes in den Pflanzenorganen ist von H. Mayr (328) eingehend studiert worden. Er fand durchgehend folgende Verhältnisse:

Am harzreichsten ist das Wurzelholz. Dann folgt im Harzreichtum in absteigender Linie der Wurzelanlauf und der Erdstamm bis 2 m über dem Erdboden, dann das Astholz, weiter der bekronte und schließlich der astlose Stamm. Ferner ergab sich, daß die Südhälfte des Stammes harzeicher ist als die Nordhälfte, daß der Harzreichtum mit dem Alter der Bäume wächst und daß auf warmem Standort mehr Harz produziert wird als auf kaltem.

Den Gehalt an Balsam und den Gehalt des Balsams an Terpentinöl geben folgende Zahlen von H. Mayr wieder:

	Balsamgehalt in 1 cbm Splintholz	Gewichtsteile Terpentinöl in 100 Gewichtsteilen Balsam
Kiefer	21,1 kg	33,1
Lärche	18,3 „	38,2
Fichte	9,4 „	32,4
Tanne	3,2 „	60,0

Unter Berücksichtigung der Splintmenge berechnete Mayr für das erste Jahr der Harzung für einen Durchschnittsbaum von 1 cbm Schaftinhalt für

Pinus silvestris L.	7,4 kg	*Pinus Markusii*	6,0 kg
Larix europaea D.C.	6,1 „	„ *australis*	4,2 „
Pinus abies L.	3,1 „	„ *austriaca*	3,8 „
Abies pectinata D.C.	1,1 „	„ *maritima*	3,0 „
Pinus Khasiana	7,0 „		

Gewinnung der Terpentine: Die Gewinnung des Terpentins ist in den verschiedenen Gegenden verschieden und auch in denselben Gegenden nicht immer die gleiche. Es erscheint daher überflüssig, die einzelnen Stadien der Gewinnung genau zu schildern, da dies doch, selbst, wenn es heute zutreffen würde, doch bald wieder geändert werden kann. Vielmehr sollen die Methoden nur prinzipiell geschildert werden. Gemeinsam ist allen Verfahren die Förderung des Harzflusses durch Verletzen der Rinde. Bei den älteren, aber auch jetzt noch viel verwandten Verfahren wird dabei so vorgegangen, daß die Rinde an mehreren Stellen abgelöst wird und unterhalb der von Rinde befreiten Stellen Höhlungen in den Stamm eingeschlagen werden. Der Balsam sammelt sich dann in diesen Höhlungen an und wird von Zeit zu Zeit ausgeschöpft. Die Wunden werden von Jahr zu Jahr nach oben hin erweitert und so frische ertragreiche Ausscheidung bewirkt. Da die alten Wundstellen keinen Balsam mehr ausscheiden oder nur in sehr geringem Maße, so muß der Balsam, wie leicht ersichtlich, in jedem Jahre einen weiteren Weg bis zu dem Sammelbecken zurücklegen. Dabei verdunstet natürlich ein Teil des leicht flüchtigen Terpentinöls und der Balsam wird, abgesehen von dem Verlust durch die Verdunstung und das Hängenbleiben nicht unerheblicher Balsammengen auf dem langen Weg auch minderwertig.

Daher sind solche Methoden vorzuziehen, die die Sammlung des Balsams nicht in künstlichen Baumhöhlungen vornehmen, sondern in Gefäßen, die unterhalb der Wundstellen aufgehängt werden.

In Amerika, wo auch jetzt noch nach diesem System geharzt wird (dem box system), werden von Zeit zu Zeit neue »boxes« eingehauen, um den Weg des Balsams abzukürzen. Immer mehr wird aber zu der anderen Gewinnungsweise geschritten, dem »cup and gutter system« (Becher- und Rinnen-System). Es werden unter den Schälstellen dabei Rinnen angebracht, die den abfließenden Balsam in den darunter aufgehängten Becher leiten.

Die Erträge sind nach den Angaben des Bureau of Forestry in Washington etwa folgende: 10 000 Bäume liefern im ersten Jahr der Harzung etwa 34 t Balsam, außerdem noch von dem vom Baum selbst abgenommenem Balsam etwa 8,5 t. Aus dem Balsam werden im ganzen etwa 8000 Liter Terpentinöl gewonnen. Im zweiten Jahre sinkt die Ernte auf 27 t geschöpften Balsam (dip) und die Menge des abgenommenen (abgekratzten) Harzes (scrape) steigt auf 14,5 t. Die Menge des Terpentinöls sinkt um etwa 1000 Liter. Das Kolophonium wird aus diesen Chargen etwas dunkler. Im dritten und vierten Jahre beträgt die Ausbeute ungefähr nur noch 14—15 t an dip und beim scrape 12 t. Die Menge des Terpentinöls aber sinkt auf etwa 4000 Liter, im vierten gar auf wenig mehr als 1000 Liter. Diese Zahlen beziehen sich vor allem auf das box system, während die Ausbeuten bei dem cup-gutter-system in den späteren Jahren etwas größer sind. Auch ist bei letzterem eine längere Ausbeutung möglich und die Qualität des Balsams (Menge des Terpentinöls und Helligkeit des Harzes) ist wesentlich besser. Beim box system brauchen die Bäume nach der vierten Harzung lange Zeit zur Gesundung (durchschnittlich wird etwa 10 Jahre gewartet bis zur zweiten Ausbeutung).

Von *Picea excelsa* wird in Ungarn das Harz nirgends systematisch gesammelt. Man benutzt nur das freiwillig austretende Harz. — Eine eigentümliche Methode der Harzgewinnung wird zum Teil angewandt: In die älteren teilweise kranken Bäume wird ungefähr in Manns-

höhe eine zylindrische, große Vertiefung angebracht; in diese wird Reisig gelegt und angezündet. Darauf entzündet sich auch der obere Teil des Baumes, verbrennt langsam, das Harz schmilzt und fließt in großer Menge aus. Man erhält so ein schön helles, aromatisch riechendes Produkt (338 a).

Äußere Eigenschaften der Terpentine: Man teilt im Handel die Terpentine meistens in »gemeine« und »feine« Terpentine ein. Zu den letzteren zählt man den Balsam aus der Lärche und der Weißtanne, die man nach den früheren charakteristischen Gewinnungsgegenden »Venetianischen« bzw. »Straßburger« Terpentin benannte, ferner auch den Karpathischen Balsam aus *Pinus cembra* und endlich den Kanadabalsam. Die übrigen werden, wie gesagt, unter dem Namen »gemeiner« Terpentin zusammengefaßt.

Gemeiner Terpentin (Terebinthina communis der Pharmakopöen). Je nach Gewinnungsart und Herkunft stellen diese Terpentine dünner- oder dickflüssige Massen dar. Sie sind fast immer ziemlich trübe und bisweilen so reichlich mit Kristallen von Harzsäure (Abietinsäure?) durchsetzt, daß sie fast körnig erscheinen. Aber auch in den relativ klaren Produkten dieser Art sind stets diese charakteristischen »wetzsteinförmigen« Kristalle zu sehen, die am leichtesten im Polarisationsmikroskop zu finden sind oder unmittelbar nach Zugabe eines Tropfens Alkohol zum Präparat. (Nach kurzer Zeit werden die Kristalle aber stark korrodiert und verschwinden schließlich.) Die Farbe ist hellgelb bis bräunlich.

Die feinen Terpentine sind meist völlig klar, zeigen aber, auch wenn sie trübe sind, nicht die charakteristischen Kristalle der gemeinen Terpentine, deren Gegenwart also Verschnitt mit gemeinem Terpentin erkennen läßt. Die Farbe ist blaßgelb, bis etwas grünlich-gelb. Der Straßburger Terpentin (kaum noch im Handel vorkommend) ist etwas dünnflüssiger als der venetianische und trocknet rascher.

Chemische Zusammensetzung der Terpentine: Die Terpentine bestehen aus dem Harz und dem Terpentinöl (siehe S. 1092).

Die Menge des Terpentinöls schwankt in weiten Grenzen und wird unter anderm auch durch die Art der Harzung weitgehend verändert. Auch fanden sich vielfach im Handel früher (jetzt weniger) Terpentine, die durch partielle Destillation von einem Teil des Terpentinöls befreit waren. Die Menge liegt zwischen etwa 10 und 35%.

Der eigentliche Harzkörper der Terpentine besteht zum weitaus größten Teil aus einbasischen Harzsäuren. Daneben sind geringe Mengen unverseifbarer Stoffe zugegen. Die Harzsäuren der Terpentine und der aus ihnen gewonnenen Produkte, besonders des Kolophoniums sind vielfach untersucht worden. Diese Untersuchungen sind zwar noch weit von ihrem Ende entfernt, haben indessen doch eine große Reihe wertvoller Erkenntnisse gebracht, von denen einige hier kurz geschildert werden sollen:

Zunächst hat sich herausgestellt, daß die Harzsäuren des Kolophoniums nicht primäre, also von vornherein in den Harzen zu findende Verbindungen sind, sondern Isomere, die durch die Einwirkung der Wärme auf den Destillationsrückstand der Terpentine erzeugt sind (329). Die Umwandlung kann auch sehr leicht durch Mineralsäuren erfolgen. Eine der ersten Harzsäuren, die in reinem Zustande gewonnen wurde, war die Pimarsäure aus dem Galipot (dem an den Wundrändern erstarrten Harz von *Pinus maritima*). Der Name stammt von Laurent (330), der die Säure, wenn auch noch nicht in völlig reinem Zustande, schon 1840 hergestellt hatte. Vesterberg (331) stellte dann 1885 die erste einheitliche Koniferenharzsäure aus dieser Pimarsäure her über das in kaltem Wasser schwer lösliche gut kristallisierende Natriumsalz. Wegen ihrer Rechtsdrehung nannte er sie Dextropimarsäure. Aus Äther kristallisiert sie in tafelförmigen Kristallen mit dem Schmelzpunkt 211—212°. Sie destilliert im Vakuum völlig unverändert. Die spezifische Drehung beträgt bei einer gesättigten alkoholischen Lösung bei 15° (Gehalt 3,8%) 72,5°. Das Ammoniumsalz kristallisiert im Gegensatz zu den Ammoniumsalzen der später zu besprechenden Abietinsäuren. Die Pimarsäure scheint in Beziehung zu der Phenantrenreihe zu stehen, was daraus hervorgeht, daß sie beim Destillie-

ren mit Schwefel einen Kohlenwasserstoff $C_{16}H_{14}$ liefert, der sich zu einem Ortho-Chinon oxydieren läßt.

Im Galipot wurde ferner noch eine andere Pimarsäure, die Lävopimarsäure, gefunden, die aber nicht den optischen Antipoden der Dextropimarsäure darstellt. Die Gewinnung dieser Säure machte, nachdem sie Vesterberg schon 1887 erhalten hatte, zunächst große Schwierigkeiten. Nachdem sie inzwischen von Köhler (332) noch einmal gewonnen war, der fand, daß sie im Gegensatz zur Dextropimarsäure sehr empfindlich ist, stellte Dupont fest, daß man bei der Isolierung nicht bei Temperaturen über 60° und nicht bei Gegenwart von Mineralsäuren arbeiten darf, wenn nicht Isomerisation eintreten soll. Die Daten der Säure sind Schmelzpunkt 148—151° (unscharf wegen Isomerisation während des Schmelzens); die Löslichkeit in Alkohol ist bei 15° bedeutend höher als die der Dextropimarsäure (siehe oben), nämlich 1 Teil in 10,8 Teilen. Die etwa 2%ige Lösung hat spezifische Drehung von —280,5°. Bei der Dehydrierung mit Schwefel entsteht Reten (s. unten). Die Isomerisation ist in $2^1/_2$%iger essigsaurer Lösung bei 100° schon nach 40 Minuten beendet.

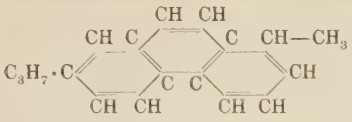
Die Isomerisation verläuft in zwei Stadien, bei denen zunächst eine Pimarabietinsäure entsteht, die nicht rein isoliert werden konnte und dann, langsamer, die Pimarabietinsäure (in dreieckigen Tafeln kristallisierend, Schmelzpunkt 172—173°, in etwa 3%iger alkoholischer Lösung — 100,1°).

Als Abietinsäure bezeichnet man heute eine ganze Gruppe von Harzsäuren, die aus den primären Harzsäuren, die Klason und Köhler (333) als Sapinsäuren bezeichnen, durch Isomerisation entstehen. Da die ursprünglich als Abietinsäure bezeichneten Harzsäuren nicht alle gleiche Eigenschaften aufweisen, fassen die genannten Autoren die aus den Sapinsäuren durch Isomerisation entstandenen Säuren unter dem Namen Kolophonsäuren zusammen. Diese Säuren sind es, die den Hauptbestandteil des Kolophoniums ausmachen.

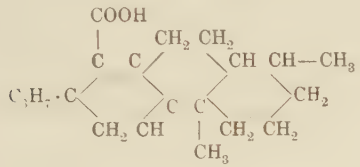
Die Abietinsäuren haben die gleiche Bruttoformel wie die Pimarsäuren, also $C_{20}H_{30}O_2$. Sie unterscheiden sich prinzipiell von diesen durch die kolloide Struktur ihrer Ammoniumsalze, die aus wässrigen Lösungen oder auch aus Benzin sich gallertig ausscheiden. Eine von ihnen wurde oben in der Pimarabietinsäure beschrieben. Aus dem Terpentin von *Pinus silvestris* und dem Kolophonium aus dem Balsam von *Pinus maritima* wurde durch Behandlung mit einigen Tropfen Salzsäure eine Säure von gleichem Schmelzpunkt und ganz ähnlicher optischer Aktivität von Leskiewicz dargestellt, die wohl mit der Pimarabietinsäure identisch sein dürfte (L. nannte sie l-Silvinsäure).

In die gleiche Klasse gehört eine Harzsäure, die aus dem Tallöl oder Kiefernöl gewonnen wurde, das ein Abfallprodukt aus dem Sulfatzelluloseprozeß ist. Klason und Köhler (333) gewannen sie rein als eine in kleinen Prismen kristallisierende Substanz vom Schmelzpunkt 182—183°, die bei 16 mm fast unzersetzt destillierte (bei 255—257°). An der Luft verhältnismäßig beständig, verfärbt sie sich bei Wasserbadtemperatur sehr schnell. Sie ist also, wie die meisten »Abietinsäuren«, relativ leicht oxydierbar. Eigentümlich ist das optische Verhalten. Der Drehungswert ist ganz verschieden, je nach dem Lösungsmittel. In etwa 3%iger Lösung in Alkohol ist $[\alpha]_D = -30{,}7°$, während der Wert in benzolischer Lösung $= +21{,}8°$ ist. Diese Säure ist nach den neueren Untersuchungen von Klason identisch mit einer Abietinsäure, die Johannsson durch fraktionierte Destillation aus Kolophonium erhalten hatte.

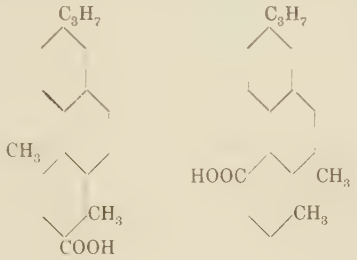
Über die Konstitution der Abietinsäuren wurde schon seit längerer Zeit die Vermutung ausgesprochen, daß sie zu einem Kohlenwasserstoff $C_{18}H_{28}$, dem »Reten«, in naher Beziehung stehen (334). Dieser entstand z. B. aus den Destillationsprodukten des Kolophoniums, dem »Harzöl«, durch Erhitzen mit Schwefel. In den Destillationsprodukten des Harzes von *Pinus palustris* wies Tschirch diesen Kohlenwasserstoff nach und nur ein Jahr später wurde er von Vesterberg durch Erhitzen mit Schwefel aus einer reinen kristallisierten Harzsäure erhalten. Nach Untersuchungen von Bucher stellt das Reten ein 1-Methyl-7-isopropyl-phenantren dar:



Virtanen (335) und in neuerer Zeit auch Aschan (336) geben auf Grund ihrer, hier nicht ausführlich zu schildernden Untersuchungen für die Pimarabietinsäure an, daß die Isopropylgruppe mit der Karboxylgruppe an einem Ring sitzen und geben ihr die Strukturformel:



Ruzicka, Schinz und Meyer (337) aber glauben das Gegenteil nachgewiesen zu haben und nehmen an, daß beide Methylgruppen an einem Kern sitzen, während die Isopropylgruppe an dem dritten Kerne haftet, etwa in der Art der folgenden Strukturformeln:



Da in der Nomenklatur der Koniferenharzsäuren eine große Verwirrung herrscht, hat Aschan (338) vor kurzem versucht, ein System zu entwerfen, nach dem die verschiedenen Harzsäuren dieser Gruppe eindeutig bezeichnet werden könnten. Der Wichtigkeit einheitlicher Bezeichnung wegen sei dieses System hier aufgenommen:

	Luftbeständigkeit	Additionsfähigkeit	Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln	Schmelzpunkt
A. Natürliche Harzsäuren				
1. Pimarsäuren	beständig	2 H-Atome (Pt-Katalysator)	schwer löslich	hoch bei Dextro-, mittlerer bei Lävopimarsäure
2. Sapinsäuren				
a) Pininsäuren (im ursprünglichen Terpentin)	sehr unbeständig	nicht untersucht	sehr leicht löslich	niedrig
b) Isopininsäure (in schwach erhitztem Kolophonium)	sehr unbeständig	nicht untersucht	sehr leicht löslich	niedrig
B. Kolophonsäuren (entstehen beim Erhitzen von Sapinsäuren)				
1. Isopimarsäuren (bei etwa 200°, bei höherem Erhitzen leicht veränderlich)	unbeständig	2 H und 4 H	ziemlich leicht, heiß leicht löslich	mittlerer, etwa 150—160°
2. Abietinsäuren (bei etwa 250°, beim Erhitzen nicht isomerisierbar)	unbeständig	Nur 2 H u. 2 Br u. 2 HBr (unter Umlagerung)	auch heiß ziemlich schwer löslich	hoch, gegen 200°
C. Sylvinsäuren (entstehen bei chemischer Einwirkung aus anderen Harzsäuren)				
1. eigentliche Sylvinsäuren (durch HCl oder H_2SO_4)	beständig	4 H u. 4 OH	relativ schwer	ziemlich hoch
2. Isosylvinsäuren (bei Abspaltung von Halogenwasserstoff oder Wasser aus den entsprechenden Additionsverbindungen anderer Harzsäuren)	unbekannt	nicht untersucht	relativ leicht löslich	niedrig

Über die Untersuchungen von Tschirch und seinen Schülern geben die Tabellen auf Seite 1095 Aufschluß.

Zwischen den Harzsäuren und dem Terpentinöl, das in der Hauptsache aus Pinen besteht (s. unten), vermutete man schon immer Beziehungen, die aber auch heute noch nicht geklärt sind. Ursprünglich nahm man an, daß das Terpentinöl, das relativ leicht oxydierbar ist, bei der Oxydation Harzsäuren bildet. Jedoch konnte diese Ansicht nicht bestätigt werden, da bei allen dahin zielenden Versuchen bisher nur resenartige indifferente Stoffe entstanden. Interessant ist die allerdings auch noch unbewiesene Anschauung von Harries, nach der in der Pflanze zunächst Pentosen und andere Zuckerarten zum Pentadienylrest (C_5H_8) reduziert werden. Dieser wird dann in statu nascendi zu Verbindungen der Formel $(C_{10}H_{16})_X$ kondensiert. Durch Oxydation und Molekülspaltung entstehen dann einerseits Harzsäuren, andrerseits Terpenkohlenwasserstoffe. Die Beziehungen zwischen dem Kautschuk, dessen Formel ja $(C_{10}H_{16})_X$ ist, und den Harzen wäre dann gleichfalls durch diese Anschauung hergestellt. Diese Hypothese wird durch die Zusammensetzung harzartiger Stoffe im Kautschuk, wie des Fluavil ($C_{10}H_6O$) in gewissem Betrage gestützt *).

b) Kolophonium. Wenn man aus den Terpentinen das ätherische Öl abtreibt und den Destillationsrückstand einige Zeit hindurch erhitzt, so erhält man das Kolophonium des Handels als eine glasige Masse, je nach Art des Terpentins und der Durchführung der Destillation usw. fast farblos bis schwarzbraun.

Die Hauptmenge des Kolophoniums besteht aus Harzsäuren der Formel $C_{20}H_{30}O_2$, besonders aus Abietinsäuren. Daneben sind noch andere Säuren in mehr oder weniger großer Menge vorhanden, die sich durch Unlöslichkeit in Petroläther auszeichnen. Fahrion (339) hält sie für Oxysäuren, die durch Autoxydation der Abietinsäure entstehen. Aschan (341) glaubt nachgewiesen zu haben, daß es sich hier um eine besondere Klasse von Säuren handelt, denen er den Namen Kolophensäuren gibt. Diese haben die Formel $C_nH_{2\ -10}O_4$ von denen er Glieder mit 16, 17, 18 und 20 C-Atomen isoliert hat. Die Lösungen der selbst hell gefärbten Säuren in Alkali sind dunkel.

Die Ursache der amorphen Form des Kolophoniums, das ja der Hauptsache nach aus gut kristallisierenden Stoffen besteht, hat man früher darin zu sehen geglaubt, daß man im Kolophonium die Anhydride der Harzsäuren vermutete. Das hat sich aber nicht bestätigen lassen und ist erst in neuester Zeit nochmals widerlegt worden, indem gezeigt wurde, daß man unter geeigneten Bedingungen auch mit wasserfreien Lösungsmitteln die Harzsäuren zur Kristallisation bringen kann, wo also eine Hydratisierung nicht stattfindet (342). Auch die Ansicht von Paul (343), daß eine amorphe Harzsäure die Grundlage bildet, die kolloid gebundenes Wasser enthält, ist nach diesen Versuchen unwahrscheinlich, da sich Wasser überhaupt nicht vorfand. Vielmehr wird man sich wohl die amorphe Form dadurch erklären, daß es sich hier um ein Gemisch kolloider Substanzen handelt, bei denen die stark kolloiden Oxysäuren [oder Kolophensäuren? (s. oben)] sowie die Resene die Kristallisation der Harzsäuren verhindern.

Das ätherische Öl der Terpentine, das Terpentinöl, besteht zum größten Teil aus Pinen $C_{10}H_{16}$, und zwar ist im französischen, spanischen und portugiesischen Terpentinöl aus den Terpentinen von *Pinus maritima* hauptsächlich l-Pinen vorhanden. Diese Öle haben eine spezifische Drehung $[\alpha]_D$ = etwa -20 bis $-40°$. Die amerikanischen Terpentinöle drehen meistens rechts, jedoch auch links, je nachdem das Produktionsgebiet mehr von *Pinus palustris* oder von *P. heterophylla* bestanden ist. Griechisches Terpentinöl, das den höchsten Prozentsatz an Pinen aufweist, hat eine spezifische Drehung von etwa $+35$ bis $+41°$. Indisches Terpentinöl von *Pinus excelsa* dreht $+42{,}5°$. Öle von *Pinus khasya* und *P. longifolia* um $+2°$ bzw. $+35°$. Außer dem Pinen wurden im Terpentinöl noch Limonen, Terpineol, Terpinen, Cymol gefunden. In

*) Aschan (340) zeigte, daß man sich zwischen den Diterpenen und den Abietinsäuren empirisch einen Zusammenhang denken könne, der sich etwa durch die Gleichung $C_{20}H_{32} + 3O = C_{20}H_{30}O_2 + H_2O$ wiedergeben ließe, womit er aber keinen Zusammenhang im strukturchemischen Sinne postulieren will.

einem Bordeaux-Terpentinöl fand G. Dupont (344) neben 63% α-Pinen und 26% β-Pinen noch Dipinen, l-Sobrelol, alkoholische Bestandteile und deren Ester und ein neues Sesquiterpen $C_{15}H_{24}$ und im Terpentinöl der Aleppo-Kiefer unter anderm i-Borneol.

Als Umwandlungsprodukt der Terpentine ist das »**gemeine Harz**« (resina pini der Pharmakopöen) zu nennen, das auch vielfach nach seinem in Frankreich üblichen Namen als »Galipot«, ferner als Scharrharz, in Amerika als scrape bezeichnet wird. Es handelt sich bei diesem Harz um ein Sammelprodukt der durch Verdunsten des ätherischen Öles an den Wundrändern und zufälligen Verletzungen erstarrten Balsame. Dazu gehört auch das in einigen Gegenden (Böhmen) gesammelte Wurzelpech (schwefelgelbe Harzplatten, die sich zwischen Rinde und Holz dicker Wurzeläste ansammeln), Waldweihrauch, der in Form kleiner Körner vom Boden aufgelesen wird. Es ist der von jungen Föhren und Fichten abgetropfte und erstarrte Balsam.

Verschieden von diesen Harzen ist das von Wiesner (345) als »Überwallungsharz« bezeichnete Produkt, das auf den bekannten Überwallungen verletzter Stämme oder Äste der Nadelbäume entsteht. Die Entstehung dieses Harzes geht vom Narbengewebe aus. Es handelt sich also bei diesem um ein typisch pathologisches Produkt.

Das gemeine Fichten- oder Föhrenharz stellt halbweiche bis harte, gelbliche bis bräunliche, seltener etwas rötliche Massen von eigentümlichem terpentinartigem Geruch und bitterem Geschmack dar. Das Harz weist in einer homogenen Grundmasse reichlich kristallisierte Harzsäuren auf.

Wurzelpech ist hart und spröde, schwefelgelb, stellenweise rötlich. Auch dieses Harz ist reich an kristallisierter Substanz. Der Geschmack ist rein bitter. An der Luft wird das Harz geruchlos, doch im geschlossenen Gefäß entwickelt sich ein eigentümlicher, scharfer Geruch.

Die chemische Zusammensetzung der Scharrharze usw. ist im wesentlichen die gleiche wie die der Terpentine. Es handelt sich wesentlich um ein Gemisch von Harzsäuren, vielfach $C_{20}H_{30}O_2$, mit Resenen und ätherischem Öl. Tschirch hat auch Harzsäuren anderer Zusammensetzung gefunden, deren Formel aber ebensowenig wie ihre Einheitlichkeit sichergestellt ist. Des Beispiels halber seien einige der Ergebnisse tabellarisch wiedergegeben (s. unten).

Eine ganz andere Zusammensetzung haben die von Wiesner (345) zuerst näher beschriebenen Überwallungsharze.

So enthielt ein Überwallungsharz der Schwarzföhre (*Pinus laricio* Poir.) etwa 4% Kaffeesäure, etwa 1% Ferulasäure, etwas Vanillin. Der Hauptbestandteil war ein ätherlösliches Harz (α-Harz), das einen Ester darstellt, der sich durch Kalilauge in Kaffeesäure, Ferulasäure und einen Harzalkohol (Pinoresinol) zerlegen ließ, das schön kristallisierende rhombische, bei 122° schmelzende Kristalle bildete. Bamberger (346), der diese Untersuchungen ausgeführt hat, gab ihm die Formel

$$C_{17}H_{12}O_2(OCH_3)_2(OH)_2.$$

Das Überwallungsharz der Fichte (*Picea vulgaris* Link) enthielt nach Bamberger und Landsiedl (346) Parakumarsäure. Auch hier wurde ein ätherlöslicher Teil in gleicher Menge wie oben und ein ätherunlöslicher Teil (β-Harz) getrennt. Das α-Harz erwies sich wieder als ein Ester des Pinoresinols, diesmal aber vererstert an Abietinsäure (d. h. eine der dieser entsprechenden Säuren) und Parakumarsäure. Das β-Harz ist eine Substanz, die im Sinne von Tschirch als ein Resinotannol zu bezeichnen wäre.

Das Überwallungsharz der Lärche (*Larix europaea*) endlich (347) enthielt wieder Kaffeesäure, wahrscheinlich auch etwas Ferulasäure und Vanillin, doch waren die Säuren an einen anderen Harzalkohol gebunden, der gleichfalls gut kristallisiert, den Schmelzpunkt 169° aufwies und dessen Formel zu $C_{17}H_{12}O_2 \cdot (OCH_3)_2(OH)_4$ angegeben wird. Beim Kochen mit Kalilauge wurde dieses Resinol isomerisiert zu einem bei 95—97° schmelzenden Produkt, das beim Kochen mit Benzol in eine bei 152—155° schmelzende Modifikation überging.

Geschichtliches: Der Name Terpentin wurde im Altertum nur für den Balsam von *Pistacia terebinthus* angewendet. Für die heute als Terpentine

bezeichneten Produkte war der Name resina (noch bei Plinius) üblich. Lärchenterpentin wird schon von Dioskorides und Plinius beschrieben. Der Straßburger Terpentin war nach Flückiger schon im 16. Jahrhundert, auch wohl schon früher bekannt, ist aber niemals ein bedeutender Handelsartikel gewesen. Über Kanadabalsam siehe Nr. 27. Das »gemeine Harz« war den alten Griechen und Römern gleichfalls bekannt (bezeichnet als resina) und wurde gewerblich und medizinisch verwandt. Die nach der jonischen Stadt Kolophon gebildete Bezeichnung »Kolophia« findet sich für ein Harz zuerst bei Dioskorides; es bezeichnet aber wahrscheinlich nicht unser heutiges Kolophonium. Terpentinöl erscheint zuerst im Anfang des 16. Jahrhunderts. Der Anfang der amerikanischen Harzindustrie, die die Summe aller übrigen heute übersteigt, kann in das 17. Jahrhundert verlegt werden.

Verwendung: Die Terpentine, namentlich die »feinen«, dienen in der Lackindustrie zum »Weichmachen« (Elastizitätsverbesserung) von Spritlacken u. dgl. Auch bei der Herstellung feinerer Siegellacke werden Terpentine zusatzweise verwendet. Ferner auch als Bindemittel für Porzellanfarben usw. Diese Bedeutung sowie die pharmazeutische Anwendung tritt aber völlig zurück gegen die als Rohstoff zur Gewinnung des Terpentinöls und Kolophoniums (s. oben).

Das Terpentinöl findet vor allem Anwendung als Lösungsmittel und Verdünnungsmittel für Lacke, Schuhcreme, Bohnermassen usw. In neuerer Zeit ist es das Ausgangsprodukt für die wichtige Fabrikation synthetischen Kampfers geworden.

Kolophonium findet in der Lackindustrie umfangreiche Verwendung, wobei man es oft, um seine Klebrigkeit zu verringern, in Form seines Kalzium- oder Zinksalzes (als »gehärtetes« Harz) verwendet oder in Form seines Glyzinesters. Sehr bedeutend ist ferner die Verwendung in der Seifenindustrie, wo es neben Fetten verwendet wird, da es gut schäumende Seifen gibt. Ferner ist es in größtem Maßstabe benutzt in Form seiner Natronseife (als »Harzleim«) in der Papierindustrie zum Leimen (Wasserfestmachen) von Papier; bei der Herstellung von Siegellacken. Sehr bedeutend ist auch die Destillation des Kolophoniums, bei der die durch trockene Destillation entstehenden Destillate (wesentlich Kohlenwasserstoffe) als Harzöle bezeichnet zur Fabrikation von Wagenfetten, Wagenschmieren, Seilschmieren, Lederfetten, für Druckfarben und zur Herstellung billiger minderwertiger Firnisersatzprodukte dienen, während der pechartige Destillationsrückstand bei der Herstellung von Briketts und als Schmiedepech Verwendung findet. Kolophonium dient ferner zur Herstellung von Kitten, Fliegenleim, Brauerpech usw. Das Kolophonium wird nach der Farbe in zahlreiche Sorten geteilt. Beim amerikanischen Kolophonium heißen die hellsten Sorten Excelsior, WW (= water white), W. G. (= window glass), dann Buchstaben von A bis N, so daß A die dunkelste, schwarzbraune Farbe hat, ähnlich sind die französischen Bezeichnungen, nur daß ein mehrfaches A (bis zu 5) besonders helle Qualitäten darstellt.

Statistisches: Amerika erzeugt jährlich etwa 98 000 t Terpentinöl und 350 000—420 000 t Kolophonium. Hauptsächlich wird die Langblattfichte geharzt. Das Zentrum der Harzgewinnung verschiebt sich immer mehr von Carolina nach Florida. In Louisiana entwickelt sich die Harzgewinnung schnell. Die Vereinigten Staaten sind weitaus die größten Produzenten, fällt doch auf sie 60—65 % der Terpentinölerzeugung und 70—75 % der Harzerzeugung. Auch als Verbraucher stehen die Vereinigten Staaten an der Spitze, und zwar mit 35—40 % an Terpentinöl und etwa 30 % an Harz. (Beim Terpentinöl sind die Kienöle und andere durch Destillation des Holzes gewonnene terpentinölartige Öle einbegriffen.) Die Verteilung stellt die folgende Aufstellung dar:

	Terpentinöl	Harz
Anstrichfarben und Lackindustrie	88	17
Schuhcreme, Bohnermassen usw.	6	—
Pharmazeutische Präparate . .	2	—
Seifenindustrie	—	42
Papierfabrikation	—	25
Linoleum und dergl.	—	3
Harzöl, Pech- und Druckfarbenfabrikation	—	6
Andere Gewerbe	4	7

Die französische Produktion beträgt etwa ein Fünftel der amerikanischen.

Spanien bringt jährlich etwa 4200 t Terpentinöl und 13 000—14 000 t Harz im Durchschnitt hervor. Die jährliche Produktion von Harzprodukten in Portugal beläuft sich auf etwa 10 000 t.

Über heimische Kiefernnutzung siehe W. Schultze (364).

48. Thapsiaharz (Resina Thapsiae). Das Thapsiaharz findet sich in der Rinde der Umbellifere *Thapsia garganica* L., die von Algerien bis Kreta und Rhodos heimisch ist.

Das Harz wird aus der Rinde extrahiert, nachdem diese zerschnitten, mit Wasser gewaschen, getrocknet und dann grob gepulvert ist.

Zur Extraktion wird gewöhnlich Alkohol verwandt, doch ist auch Extraktion mit Benzol empfohlen worden.

Echtes Thapsiaharz hat nach Dieterich etwa 83—90% Alkohollösliches mit einer VZ von etwa 370—405. Der etwa 20—25 % betragende, in Petroläther lösliche Anteil hat VZ 250—360.

Zusammensetzung von resina Pini nach Tschirch

	Harz von *Pinus silvestris* (Finnland) (348)	*Picea vulgaris* (Siebenbürgen) (349)
In Ammoniumkarbonat löslich		Picipimarinsäure, amorph ($C_{12}H_{20}O_2$) 3 %
In Sodalösung löslich: kristallisierend	Silveolsäure $C_{14}H_{20}O_2$, 1,5 %	Picea-Pimarsäure $C_{30}H_{30}O_2$ 2 %
In Sodalösung löslich: amorph: gibt alkoholunlösliches Bleisalz	α-Silvinolsäure $C_{15}H_{26}O_2$	α-Picipimarolsäure
In Sodalösung löslich: amorph: gibt lösliches Bleisalz	β-Silvinolsäure $C_{14}H_{24}O_2$	β-Picipimarolsäure
	58—60 %	$C_{18}H_{28}O_2$, 47 %
Ätherisches Öl	15 %	30 %
Resen	20—21 %	15 % ($C_{10}H_{30}O$)
Verunreinigungen, Spuren Bitterstoff und Bernsteinsäure	1—2 %	3 %

	Lärchenterp. *Larix decidua* (350)	Österreichischer Terpentin *Pinus Laricio* Poir. (351)	Straßburger Terpentin *Abies pectinata* (352)	Jura-Terpentin *Picea vulgaris* Link (353)	Bordeaux-Terp. *Pinus Pinaster Solanda* = *Pinus maritima* Poir. (353)
In Ammoniumkarbonat löslich	—	Laricopininsäure amorph $C_{21}H_{30}O_2$ 25 %	Abietinsäure amorph $C_{13}H_{20}O_2$ 8—10 %	Picea-Pimarinsäure, amorph $C_{12}H_{20}O_2$ 2—3 %	Pimarinsäure amorph $C_{14}H_{22}O_2$ 6—7 %
In Sodalösung löslich: kristallisierend	Laricinolsäure $C_{20}H_{30}O_2$ 4—5 %	Laricopinonsäure, $C_{20}H_{28}O_4$ 34 %	Abietolsäure $C_{20}H_{28}O_2$ 1,5—2 %	Picea-Pimarsäure, $C_{20}H_{30}O_2$ 1,5—2 %	Pimarsäure $C_{20}H_{30}O_2$ 8—10 %
In Sodalösung löslich: amorph: alkoholunlösliches Pb-Salz	α-Larinolsäure $C_{18}H_{26}O_2$	—	α-Abietinolsäure $C_{16}H_{24}O_2$	α-Picea-Pimarolsäure $C_{25}H_{44}O_2$	α-Pimarolsäure $C_{18}H_{26}O_2$
In Sodalösung löslich: amorph: alkohollösliches Pb-Salz	β-Larinolsäure $C_{18}H_{26}O_2$	—	β-Abietinolsäure $C_{16}H_{24}O_2$	β-Picea-Pimarolsäure $C_{25}H_{44}O_2$	β-Pimarolsäure $C_{18}H_{26}O_2$
	55—60 %		46—50 %	48—50 %	48—50 %
Ätherisches Öl: leicht flüchtig	15—16 %	etwa 35 %	24—25 %	32—33 %	25—26 %
schwer „	5—6 %	—	4—6 %	—	3—4 %
Resen	14—15 %	etwa 2 %	12—16 %	10—12 %	5—6 %
Bernsteinsäure	ca. 0,1 %	—	0,05—0,08 %	Spuren	Spuren
Bitterstoff Verunreinigungen	2—4 %	etwa 3/4 %	1—2 %	1—2 %	1—2 %

Tschirch und seine Schüler (354) untersuchten weiter japanischen Terpentin von *Pinus Thunbergii*, nordamerikanischen von *Pinus australis* Mich., aleppischen Kiefernterpentin von *Pinus halepensis* Mill. Den Terpentin von *Pinus cambodgiana* untersuchte A. Wichmann (355).

Das Harz soll mit dem schwächer wirkenden Harz von *Thapsia villosa* L. und mit Euphorbium verschnitten werden.

Verwendung: Das Harz wirkt stark blasenziehend, innerlich in Dosen von 1—4 Centigramm abführend. Es wurde früher medizinisch verwendet.

49. Tolubalsam. Als Stammpflanze des Tolubalsams (Baume de Tolu des französischen, Balsam of Tolu des englischen Handels, Balsamum Tolutanum von Resina Tolutana der Pharmakopöen) wurde bis in die neueste Zeit *Myroxylon toluiferum*, eine im nordwestlichen Teile Südamerikas vorkommende, baumartige, dem Perubalsambaum nahe verwandte Papilionacee angesehen. Nach den Untersuchungen von Harms liefert aber dieselbe Spezies, von welcher der Perubalsam Myroxylon Balsam. Harms kommt, nämlich *Myroxylon balsamum* L. Harms den Tolubalsam, und zwar ist es die typische Form dieser Art, welche als Stammpflanze des Tolubalsams zu betrachten ist, während eine Varietät dieser Spezies, nämlich *M. b.* var. Pereirae den Perubalsam liefert (356).

Wie in der Stammpflanze des Perubalsams kommen auch in der des Tolubalsams keine Sekretbehälter vor, weder in der Rinde noch im Holz. Es entsteht aber gleich dem Perubalsam auch der Tolubalsam erst infolge der Verletzung des Stammes der betreffenden Bäume. Beide sind ausgesprochene pathologische Bildungen, welche im jüngsten Holz entstehen. Gewebsreste dieses Jungholzes hat Wiesner im Tolubalsam nachgewiesen.

Nach Bericht des Pflanzensammlers John Weir (1864) werden in die Rinde der Bäume zahlreiche Einschnitte in Form eines nach oben offenen Winkels gemacht und am unteren Ende der Winkel wird ein Bohrloch angebracht, aus welchem alsbald ohne Mithilfe künstlicher Wärme der Balsam hervorquillt, der zunächst in am Baume angehängten ausgehöhlten Kürbisfrüchten angesammelt, hierauf aber in aus Tierfellen hergestellte Behälter übergefüllt wird. Diese Kürbisfrüchte werden im Lande »Concolito« genannt; daher der ältere, außer Gebrauch gekommene Name »Balsamo de concolito« für diese Handelsware, der in den Heimatländern indes noch immer gebraucht wird. So gelangt der Tolubalsam an verschiedene am Magdalenenstrom befindliche Orte, wo eine neuerliche Überfüllung in Blechbüchsen vorgenommen wird. Von diesen Orten geht der Balsam den Magdalenenstrom hinab nach den Hafenorten (Savanilla usw.), von wo er in den Welthandel eintritt. Geringere Sorten werden erhalten, indem man den Balsam auf Blättern verschiedener Monokotyledonen (Maranta usw.) erstarren läßt.

Die Gewinnung des Tolubalsams wird im Gebiete des Magdalenenstromes betrieben, vornehmlich bei Mercedes, Plato und Turbaco und in der Stadt Santiago de Tolu (Juli bis April) (Kersten), ferner auch westlich von Cartagena zwischen den in den Magdalenenstrom einmündenden Flüssen Cauca und Zenu. Die Einsammlung erfolgt in der Zeit von Juli bis spätestens April.

Äußere Beschaffenheit: Der im Handel befindliche Tolubalsam ist meistens bräunlich bis rötlich, knetbar, in dünnen Schichten durchscheinend mit dunklen, aus mikroskopisch kleinen Gewebsresten bestehenden Punkten. Der Geruch ist vanilleartig, der Geschmack aromatisch, etwas säuerlich und kratzend. Mit der Zeit wird der Tolubalsam fest und bildet dann eine rötliche Masse vom spezifischen Gewicht um 1,2, die schon bei 30° erweicht und bei 60—65° schmilzt. Sie läßt sich zu einem hellgelblichen Pulver verreiben.

Im Mikroskop erkennt man eine homogene Grundmasse, in der sich Kristalle von Benzoe- und Zimtsäure befinden. Besonders nach Behandlung mit Alkohol treten auch die Gewebsreste, meist aus dem Gewebe des Holzkörpers der Pflanze stammend, deutlich hervor. Da die homogene Grundmasse und die Benzoesäure rascher als die Zimtsäure gelöst werden, erscheint diese im mit Alkohol behandelten Präparat gut sichtbar in Form monokliner Prismen. Die Kristalle sind im polarisierten Licht besonders deutlich erkennbar (357).

Bei vorsichtigem Schmelzen des mit einem Deckglas bedeckten Balsams schmelzen die Kristalle und sublimieren

an den Rand der Schmelze, während ein anderer Teil sich als sechsseitige Täfelchen aus der erstarrenden Schmelze ausscheidet.

Über die Löslichkeit s. Tabelle S. 1098.

Chemische Zusammensetzung: Nach Tschirch und Oberländer (358) besteht die Hauptmasse des Harzes (etwa 80 %) aus dem »Toluresin«, d. h. dem Gemisch der Ester von Zimtsäure und (weniger) Benzoesäure mit einem Harzalkohol [Toluresinotannol: $C_{16}H_{14}O_3(OCH_3)OH$], der in Schwefelkohlenstoff, Benzol, Äther, Chloroform unlöslich, dagegen in Azeton, Ammoniak und Eisessig leicht löslich ist. Das Resin selbst ist leicht löslich in Alkohol, Eisessig, Azeton, zum Teil in Chloroform und Äther, nicht in Benzol und Petroläther. Die Gegenwart dieses Tannols bedingt die grüne Färbung der alkoholischen Lösung des Balsams mit Eisenchlorid.

Das Toluresinotannol ist homolog mit dem Peruresinotannol. Ferner wurde ein dem Cinnamein des Perubalsams entsprechendes Öl (etwa 7,5 %) gefunden, das hauptsächlich aus Bensoesäurebenzylester besteht (359). Vanillin (0,05 %) wurde schon von E. v. Schmidt (360) nachgewiesen. Ein mit Wasserdampf flüchtiges Öl (1,5—3 %) mit dem Siedepunkt um 170° ($[\alpha]_D = -58$ bis $+54°$) ist wahrscheinlich ein Terpen (Phellandren?) (361) und enthält außerdem die Bestandteile des Cinnameins.

Verwendung: In der Parfumerie und der Medizin wird Tolubalsam zu gleichen Zwecken wie der ihm so ähnliche Perubalsam angewendet. Innerlich selten verwendet, nach Zoernig als Expectorans bei chronischen katarrhalischen Leiden, äußerlich zu Pinselungen bei Kehlkopftuberkulose.

Historisches: Den ersten Tolubalsam hatte wahrscheinlich der Hofapotheker der Königin Elisabeth in Händen, der davon 1581 Clusius etwas abgab. Am Ende des 17. Jahrhunderts war der Balsam in England schon verbreitet, auf dem Kontinent erst im 18. Jahrhundert. Von da an diente er im großen und ganzen den gleichen Zwecken wie auch noch heute.

50. Umbelliferenharze. Über Harze von Umbelliferen siehe Asant Nr. 6, Ammoniakharz Nr. 5, Galbanum Nr. 19 und Opoponax Nr. 37. Eine Art Galbanum soll auch von *Ferula Schair* Borsz. geliefert werden. *Ferula Szovitsiana* wird als Stammpflanze des früher medizinisch verwandten Sagapenharzes angegeben, das einen Umbelliferen-Resinotannolester enthält, sowie Gummi und etwa 6 % eines schwefelhaltigen Öls. Es ähnelt dem Galbanum, hat aber auch etwas Ähnlichkeit im Geruch mit Asant. Auch ein Harz von *Thapsia garganica* L. wird beschrieben (s. Thapsiaharz Nr. 48). *Bolax aretaioides* Willd. (= *Azorella gummifera* Poir. *A. coespitosa* Cav.), sowie *Bolax gummifera* Spreng., Indien, enthalten Gummiharze (Bolaxgummi).

51. Weihrauch (Gummi Olibanum). Dieses Harz ist der Milchsaft einer Boswelliaart. Über die genaue Herkunft sind die Akten noch nicht abgeschlossen. Man nimmt jetzt gewöhnlich *Boswellia Carteri* Birdwood, *B. Bhau-Dajiana* Birdwood, *B. neglecta* St. M. Moore als Stammpflanze an, während man früher *Boswellia papyrifera* Hochst. (= *Amyris papyrifera* Del. = *Ploesslea floribunda* Royle) für die Abstammung in Anspruch genommen wurde.

Der in der sekundären Rinde in schizogenen Sekretbehältern, aber weder im Mark noch im Holz fließende Milchsaft wird durch Einschnitte, die monatlich vertieft werden, zum Ausfließen gebracht und das erhärtete Produkt wird dann abgelesen.

Chemische Zusammensetzung: Das wenig untersuchte Gummiharz enthält nach den Untersuchungen von Tschirch und Halbay (362) neben den in derartigen Harzen stets vorhandenen Pflanzenresten (2—4 %) etwa 20 % Gummi und 6—8 % Bassorin (einen nur quellenden, nicht in Wasser löslichen Pflanzenschleim), Harz und ätherisches Öl (zusammen rund 70 %).

Aus dem Reinharz, das durch Wasserdampfdestillation vom ätherischen Öl befreit wurde, konnten Tschirch und Halbey eine Harzsäure (etwa 33 % der Droge) isolieren, die sich durch die Kristallisationsfähigkeit der Salze, besonders des Bariumsalzes, auszeichnete. Die Säure hatte den Schmelzpunkt 150°, Sinterung

trat schon bei 142° ein. Als Formel wird $C_{32}H_{52}O_4$ angegeben. Die Säure erhielt den Namen Boswellonsäure. In gleicher Menge wie die Säure wurde auch ein Resen (Olibanoresen) gefunden, das bei 62° schmolz und beim Lösen in konzentrierter Schwefelsäure eine rote Färbung annimmt.

In dem ätherischen Öl, das bis zu 7 % der Droge ausmachen kann, wurden Pinen, Dipenten, Phellandren und Cadinen aufgefunden. Bemerkenswert ist, daß bei trockener Destillation des Harzes Pinen in reichlicher Menge auftritt. Die Dichte bei 15° ist 0,86—0,89. Das Öl dreht die Ebene des polarisierten Lichtes nach links.

Das über Bombay oder Suez in den Handel gelangende Harz wird in drei Sorten, naturell, in granis und pulvis gehandelt. Die beste Sorte, in granis, besteht aus rundlichen bis tränenförmigen Körnern, von gelblich- bis rötlichweißer Färbung. Der Bruch ist wachsartig; beim Kauen erweichen die Körner, die übrigens leicht zerbrechlich sind und eine leichte weißliche Staubschicht aufweisen.

Das Hauptverwendungsgebiet ist die Anwendung im Kult, wie in der katholischen Kirche. Auch sonst wird es als Räuchermittel verwendet. Diese Anwendung ist sehr alt und findet sich bei allen alten Kulturvölkern.

Eine andere, wohl kaum in den Handel gelangende Abart des Weihrauchs, die auch mit dem Namen Koondricum belegt wurde, stammt von der *Boswellia glabra* R. Das Harz ist nicht näher untersucht worden. Es soll bitter schmecken und löst sich im Gegensatz zum Weihrauch völlig in Alkohol. Verwendung findet es ebenfalls zu Kultzwecken bei den Hindus.

Auch ein Harz von *Boswellia serrata* Stackh. wird beschrieben, das in Indien zu Kultzwecken gebraucht wird, es ist goldbis dunkelbraun oder grünbraun, spröde, von glasigem Bruch, nach Kolophonium riechend. Es enthält 55—57 % Harz, 20—23 % Gummi, 10—11 % Wasser; 8 bis 9 % ätherisches Öl, 4—5 % unlösliche Stoffe (363).

52. **Zygophyllaceenharze** siehe Guajakharz Nr. 20.

C. Löslichkeitstabelle

der wichtigsten Balsame und Harze.

Löslichkeitstabelle der wichtigsten Balsame und Harze nebst Säure-, Verseifungs- und Esterzahlen (l = löslich, f = fast völlig, w = wenig, v = völlig, t = teilweise, u = unlöslich).

Die Zahlen sind Prozente löslicher Anteile.

Balsame	S. Z.	V. Z.	D. Z.	Alkohol	Äther	Petroläther	Essigäther	Chloroform	Terpentinöl	Benzol	CS_2	Bemerkungen:
Kopaivabalsam												
(Para)	25—65	30—70	1—10 (20?)	f-ul	vl	—	—	ul	—	vl	vl	Azeton vl
(Maracaibo)	75—100	80—100	„	in 90 prozent. tl	vl	vl	tl	vl	vl	—	ul	
Gurjunbalsam	5—20	8—20	1—15	tl	—	—	—	vl	vl	—	—	
Perubalsam	40—80	220—260	140—200	vl	—	wl	—	ul	tl	—	mit $^1/_3$:l „ mehr wl	Azeton: vl; in Chloralhydrat: vl
Styrax	etwa 40—70	etwa 105—190	70—120	fl	fl	tl	—	—	—	tl	—	
Terpent.: gew.	110—145	110—180	2—60	l	l	l	l	l	l	l	l	
„ Lärch.	65—100	85—130	0—55	l	l	l	l	l	l	l	l	
Tolubalsam	20—25	160—165	etwa 140	vl	vl	—	—	—	—	—	—	Azeton: vl

Löslichkeitstabelle der wichtigsten Balsame und Harze.

Harze	S. Z.	V. Z.	D. Z.	Alkohol	Äther	Petroläther	Essigäther	Chloroform	Terpentinöl	Benzol	CS_2	Bemerkungen:
Akaroid gelb	125—140	200—250	70—90	fvl	tl	w-u	w	w-u	w-u	w	w	Sand, Holz usw. bis ca. 15 %, Eisessig wl
Akaroid rot	60—100	160—200	70—125	„	„	„	„	„	„	„	„	Azeton: l. Eisessig l
Ammoniakum	45—95	145—235	100—150	etwa 90	—	—	—	—	—	—	—	in allen indifferenten organ. Lösungsmitteln nur tl
Anime	—	—	—	t	—	t	—	—	—	—	—	in heißem Alkohol völlig l
Asa foetida	65—80	120—185	80—130	etwa 90	t	t	t	t	t	t	t	in 15 Teilen 60 % Chloralhydrat klar löslich
Benzoe												
Siam [n. Bohrisch]	140—160	230—250	etwa 70—90	fl-vl	fl-vl	tl	—	fl-vl	w-tl	tl	tl-wl	in Azeton t-fl
Sumatra [s. Benzoï]	100—135	190—220	etwa 75—105	„	fl-tl	tl	—	tl	„	tl	„	
Bernstein	15—35	(85) 115—145	70—110	u-wl	w-tl	u-wl	—	—	„	tl	t	
Dammar	20—55	30—60	9—18	50—70	tl-fl	t-fl	tl-fl	vl	fl-vl	fl-vl	vl	in Eisessig: fl; in 80 prozent. Choralbydrat nur quellend (wl)
Drachenblut	—	—	—	vl	vl	tl	tl	tl	—	tl	tl	in Chloralhydrat: l
Elemi												
Manila-Elemi	15—25	25—50 (70)	8—45	fl-vl	t-vl	wl	f-vl	f-vl	fl-vl	fl-vl	t-vl	Azeton t-vl; in 80 prozent. Chloralhydrat: fl
Afrikan.-Elemi	15—35	30—90	15—55	„	fl	„	fl	fl	fl	fl	t-fl	Azeton t-vl; in 60 prozent. Chloralhydrat: tl
Galbanum	20—65	75—245	50—180	tl	—	über 60	—	—	—	—	—	in allen indifferenten Lösungsmitteln nur tl
Guajakharz	20—45	—	—	mind. 80 % fl-vl	20—90	2—10	50—95	35—95	12—60	20—40	12—35	in 60 und 80 prozent. Chloralhydrat: fast vl
Gummigutt	71—86	—	—	vl	vl	—	—	—	—	—	—	in 5 Teilen 60 prozent. Chloralhydrat löslich
Jalappe	10—30	(125) 200—250	(110) 180—225	vl	tl	w-u	—	w-u	w-u	—	w-u	

Löslichkeitstabelle der wichtigsten Balsame und Harze.

Harze	S. Z.	V. Z.	D. Z.	Alkohol	Äther	Petroläther	Essigäther	Chloroform	Terpentinöl	Benzol	CS_2	Bemerkungen:
Kolophonium	140—185	145—195	5—35	vl	vl	t-fl	vl	vl	vl	vl	vl	
Kopale												
Angola	125—145	140—160	5—30	60—85	50—75	ca. 50	—	tl	etwa 30	tl	—	
Borneo	140—150	180—190	30—50	w	10—40	10—50	—	fl	„	fl	—	
Kauri	50—115 meist (100—115)	75—120 meist (110—120)	6—30	60—70	40—70	30—40	—	„	25—40	„	—	in 80 prozentigem Chloralhydrat: l
Kongo	95—150	110—190	10—40	20—70	etwa 50	10—40	—	tl	etwa 30	„	—	
Manila	110—190	130—200	15—70	t-fl	t-fl	t	—	„	20—30	„	—	in 80 prozentigem Chloralhydrat: l
Sansibar	35—95	60—100	10—25	„	20—40	w	—	„	w-t	tl	w	in 80 prozentigem Chloralhydrat: ul
Sierra Leone	85—130	130—160	20—45	t	t	t	—	„	tl	„	—	
Singapore	130—150	180—195	40—55	„	„	„	—	„	„	„	—	
Mastix	50—75	80—105	25—40	t-fl	vl	wl	—	tl-vl	„	vl	tl	warmes Azeton: vl
Mekkabalsam	40—60	140—145	80—100	fl	„	fl	—	fl	fl	fl	fl	
Sandarak	95—160	(145) 165—180	30—55	vl	„	wl	—	tl	tl	20—70	w-ul	
Scammonium	—	—	—	„	t-vl	—	—	vl	—	—	—	
Schellack	40—70	185—225	135—190	85—98	10—25	1—6	—	5—15	w-ul	10—20	w-ul	

D. Literatur.

1. A. Onken, Bot. Archiv, 1922.
2. Tschirch, Harze u. Harzbehälter; derselbe in Abderhalden, Handbuch der biol. Arbeitsmethoden (1922), I, 10, S. 591, und in einem Aufsatz: „Die Membran als Sitz chem. Arbeit", Arch. Pharm. (1914), 537.
3. H. Meyer, Analyse der Zelle I, 1920, 311.
4. Vgl. auch Abderhalden, Handb. d. biol. Arbeitsmethoden (1922), I. Teil, 10, 588.
5. Sitzgsber. der Wiener Akad. (1885), Bd. 92.
6. Tschirch, Harze u. Harzbehälter, 2. Aufl., 1906, Bd. I.
7. F. v. Mueller, Ztschr. d. allg. österr. Apothekervereins 1885, 293 ff.
8. Nach F. v. Mueller (a. a. O.) bevorzugt das Exporthaus Sommerville u. Wilks, das die Ausfuhr der Xanthorrhoeaharze sehr förderte, die Produkte dieser 3 Bäume.
9. Schomburgk, Flora of South Australia (Handbook of South-Australia) 1875.
10. Wigand, Pringsheims Jahrb. f. wissensch. Botanik 3 (1863), 167.
11. Wiesner, Gummi und Harze, S. 191.
12. Schober, Das Xanthorrhoeaharz, Verhandlungen des Naturwissenschaftl. Vereins Karlsruhe 1892.
13. Tschirch. Harze und Harzbehälter, 2. Aufl. (1906), I, 246.
14. Nach Tschirch a. a. O.
15. Laugier, Ann. de Chim. et de Phys. I, 76, S. 265.
16. Nach v. Mueller (a. a. O.) erreichen die wahrscheinlich durch Gras- und Buschbrände zusammengeschmolzenen Klumpen bisweilen ein Gewicht bis zu 100 kg.
17. Tschirch u. Hildebrand, Arch. d. Pharm. 1896, 704.
18. M. Bamberger, Monatsh. f. Chem. 1893, 333.
19. H. Wolff, Farben-Ztg. 1916, Nr. 48/49.
20. The voyage of Governor Philipp to Botany Bay. London 1799. Journal of the voyage to New South Wales. John White, London 1799.
21. Lichtenstein, Chem. Ann. v. Crell 1799.
22. J. Maisch, Jahrb. d. Pharm. 1881/82.
23. Bull. de Moscou XII, 338; Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl., 67.
24. Unger u. Kotschy, Die Insel Zypern, Wien 1865, S. 424.
25. Forest Records, India I (1909).
26. Näheres darüber, Rosenthal, Synopsis plant. Erl. 1862.
27. Cat. des colon. franc. S. 73.
28. Hartwich, Neue Arzneidrogen (1877); Tschirch, Harze und Harzbehälter (1906), I, 577.
29. Wiesner, Rohstoffe (1914), I, 215.
30. Dymock, Pharm. Journ. and Transact. (1875); Aitchison, ebenda (1886, 1887).
31. Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie I, 505 und „Harze u. Harzbehälter", 2. Aufl. (1906), I, 399.
32. Arch. f. Pharm. (1895), 540.
33. Flügge, Pharm. Ztrlhalle (1884), 121.
34. A. Vogl, Kommentar zur österr. Pharmakopöe (1892), 438.
35. Nach engl. Konsularberichten, Chem. Drugs (1913).
36. Wood, Journey to the source of the river Axus, London (1872); Holmes, Pharm. Journ. and Transact. (1888).
37. Borszow, Die pharmaz. wichtigen Ferulaceen der Aralo-kaspischen Wüste, Petersburg (1860).
38. Tschirch, Arch. d. Pharm. (1886); s. a. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie I, 479, 486 (1889).
39. Karsten u. Beneke, Lehrb. d. Pharmakognosie, Jena 1920, S. 93.
40. Kämpfer, Amoenitates exoticae (1712), 592.
41. Bellew, From the Indus to the Tigris, London (1874).
42. Aitchison, Pharm. Journ. and Transact. (1886), 87.
43. Tschirch und Polaček, Arch. d. Pharm. (1887), 125.
44. Semmler, Arch. d. Pharm. (1891), 1.
45. Gilg-Brandt, Pharmakognosie (1922), 292; Hartwig, Berl. Apoth.-Ztg. (1913).
46. Henkel, Ztschr. d. allgem. österr. Apothekervereins (1865); Flückiger, Pharmakognosie (1891), 120; Holmes, Pharm. Journ. and Transact. (1891), 518.
47. Wiesner, Mikrosk. Unters. (1872), 87 ff.
48. Tschirch, Harze u. Harzbehälter (1906), II, 1199 ff.
49. Tschirch, Angew. Pflanzenanatomie (1889), I, 515; F. Lüdy, Studien über d. Sumatra Benzoe, Dissertation Berlin (1893).
50. Wiesner, Gummi u. Harze, S. 69.
51. Marsden, The History of Sumatra, London (1811).
52. Duplessy, s. 48, II, 352.
53. Tschirch u. Lüdy, Arch. Pharm. (1893), 502.
54. Reinitzer, Arch. d. Pharm. (1914), 342; (1921), 60; siehe auch Zinke u. Drzimal, Monatsh. f. Ch. (1920), 423.

54a. Reinitzer, Arch. Pharm. (1925) 347.

55. Zinke u. Lieb, Monatsh. f. Ch. (1918), 95, 219, 627; Zinke, ebenda (1919), 277; Zinke u. Drzimal, s. 54.
56. P. Bohrisch, Pharm. Zentr.-Halle (1922), Nr. 22—26.
57. Nach Holmes, Pharm. Journ. and Transact. (1888), 388.
58. Im 15. Jahrh. erscheint d. Benzoë auch unter den Namen: Benzoi, Beijoim, Belzui, Benzin, im 16. Jahrh. auch schon als Benjamin.
59. L. de Mas Latrie, Histoire de l'ille de Sypre (1861).
60. Bullet. Royale. Botan. Gard. Kew (1912), 391.
61. L. B. Clarke, Agr. Bull. Straits and Feder. Malay States V. (1906).
62. A. Wichmann, Schweiz. Wochenschrift f. Chemie u. Pharmazie (1912).
63. Coffignier, Bull. Soc. Chim. de France (1909), 1109; Ohlshausen u. Rathgen, Ztschr. f. Ethnologie (1904).

64. Tschirch mit E. Aweng, C. de Jong und E. S. Hermann, Helv. Chim. Acta, Bd. IV, S. 214.
65. Helm, Arch. Pharm., 304 u. 447.
66. Marcusson und Winterfeld, Kunststoffe (1911), 281; s. a. Miksch, ebenda (1916), 91.
67. Gies, Trans. Am. Chem. Soc. (1906), nach Z. ang. Ch. (1907), 2044.
68. Chem. Zusammensetzung d. Bernsteinöls, s. Karoly, Ber. Chem. Ges. (1914), 1016.
69. Pierrot, Beitr. z. Kenntnis des Betulins, Diss. Halle 1922; H. Schulze u. K. Pierrot, Ber. Chem. Ges. (1922), 2332.
70. S. Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl. (1891), S. 45 ff.
71. Cat. des Col. françaises (1867), S. 76.
72. Roxburgh, Plantes of the coast of Coromandel III, S. 8.
73. Engler-Prantl, Pflanzenfamilien III, 4, S. 236; Rosenthal, Synopsis, S. 840; Dragendorff, S. 770.
74. Kosteletzky, Med.-pharm. Flora, S. 1223; Henkel, Naturerzeugnisse, S. 277; Duchesne, Rep. des plantes utiles, S. 290.
75. Martius, Nov. gen. et spec. plantes. Brasil. II, S. 145; Simons, Am. Journal of Pharm. (1895), 67.
76. Engler-Prantl, Pflanzenfamilien III, 4, S. 236.
77. Notizblatt d. bot. Gartens, Berlin (1909), 103.
78. Henkel, Warenlexikon, S. 206.
79. Duchesne, a. a. O., S. 293; Heldreich, Die Nutzpflanzen Griechenlands, Athen (1862), 62; Hartwich, Die neuen Arzneidrogen, Berlin (1899).
80. Berg, Pharm. Warenkunde, 568; Husemann, Pflanzenstoffe, 1121; Schrader, Monatsber. d. Berl. Akad.; Thiselton-Dyer, Pharm. Journ. and Transact. (1884), 301; Zörnig, II.
81. Tschirch und Glimmann, Schweiz. Wochenschr. f. Chem. u. Pharm. (1896), Nr. 51; Arch. d. Pharm. (1896), 585; Miquel, Flora von Niederl.-Indien 2, 1070 u. Suppl. 1, 86, Vol. VI.
82. Notions succintes sur l'origine et l'emploie des drogues simples, Brüssel (1876), 108.
83. Journ. de Botanique (1891), 378 ff.
84. Brandes u. Gilg in Engler-Prantls Pflanzenfamilien 3, 6 (1895), 245; Tschirch [Harze u. Harzbehälter, 2. Aufl., I, (1906), 485] ist der Ansicht, daß der echte Dammar erst nach Verwundung entstehe, also ein pathologisches Produkt sei, daher seien selbst in älterem, unverletztem Holze keine Harzbehälter zu finden.
85. Poggend. Ann. **59**, S. 72.
86. Mauch, Diss. Straßburg (1898).
87. Hohenacker, Herbarium d. Arznei- u. Handelspflanzen; Karl Müller, Ber. d. Berl. Pharm. Gesellschaft I (1891), S. 363 ff.
88. W. Bürck, Ann. Buitenzorg IV (1887); Miquel, Flora Sumatra, S. 191.
89. Roxburgh, Flora Indica, S. 617; Henkel, Neues Repertor. XIII, S. 209 ff.
90. Miquel, Flora v. Nederl. Indie I, 2, S. 504, 507.
91. Mauch, S. 61.
92. Miquel, Sumatra, S. 69.
93. Tschirch, Indische Heil- u. Nutzpflanzen, S. 130.
94. Valenta, Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissenschaften, März 1891.
95. Miquel, a. a. O., S. 88 u. 190.
96. Miquel, a. a. O., S. 504; Henkel, Lex., S. 204.
97. P. Nicolardot und Ch. Coffignier, Bull. Soc. Chim. de France (1909), 579.
98. Miquel, Sumatra, 254 u. 591; Flora v. Nederl. Indie I, 135; III, 95.
99. Wiesner, Mikr. Unters., 91 ff.
100. Miquel, a. a. O.
101. H. N. Ridley, Agr. Bull. Straits and Feder. Malay. V (1906).
102. A. Ernst, La exposicion national, Caracas (1886), 258.
103. Tschirch u. K. Dieterich, Arch. d. Pharm. (1896), 401.
104. Frank u. Markwald, Farben-Ztg. (21), Nr. 26.
105. Flora de Filipinas. Manila (1845); s. a. Botan. Jahresber. (1870), 217.
106. Wiesner, Rohstoffe. 2. Aufl. Eine Zusammenstellung der Versuche, die botanische Provenienz von Elemi festzustellen, hat Vogl unternommen (Kommentar zur österr. Pharmakopöe (1892), 447.
107. Dunston, Bull. Imp. Inst. London (1908).
108. Berg, Pharmazeut. Warenkunde, S. 572.
109. Chem. Rev. (1914), 10.
110. Über Elemiarten und deren Abstammung, s. Hanbury und Flückiger, Pharmacographia; Symes, Notes on Brasilian Drugs, Yearbook of Pharm. (1882), s. a. Tschirch (1906).
111. Nach Vesterberg, Berliner Ber. (1887), 1242; (1890), 3186.
112. Pogg. Ann. **59**, 68.
113. ebenda, S. 67.
114. Die Angabe kann sich natürlich nur auf ein hartes Harz beziehen. Diese Angaben können überhaupt nur informatorischen Charakter haben.
115. Tschirch und Cremer [Arch. d. Pharm. (1902), 324] bezeichnen die Amyrin enthaltenden Sorten als „eigentliche" Elemisorten, die übrigen als „elemiähnlich".
116. Pharmakognosie d. Pflanzenreichs.
117. Wallach, Lieb. Ann. (1888), 233; (1889), 202 fand im Manila-Elemi 30% äther. Öl (d = 0,87—0,91; $[\alpha]_D = +44^0\ 3'$). Unter 175° destillierte d-Phellandren, 175—180° etwa 10% Dipenten; Schimmel & Co. (Ber. v. Sch. & Co. [1896] 95) isolierten auch ein bei 270—280° siedendes inaktives Öl (d = 1,043!), das neben geringen Mengen Sesquiterpenalkohol aus Allyltrimethoxy-3, 4, 5-benzol bestand. Über den Sesquiterpenalkohol s. Semmler u. Liao, Chem. and Drugs (1916), 876.
118. Hesse, Ann. (1878), 181.
119. Zinke, Friedrich u. Rollet benützten zur Trennung des α- u. β-Amyrins die Benzoate, s. Monatsh. f. Chem. (1920), 253.
120. R. Böhm, Arch. d. Pharm. (1915), 253; Arch. f. exp. Pathol. u. Pharm. (1915), 79, 138.
121. Cat. des Col. françaises (1867), 75.
122. Miquel, Flora v. Nederl. Indie I, 2, S. 384.

123. L. Rayband, C. r. soc. de Biologie (1920), 1442.
124. Flückiger und Hanbury, Pharmacographia (1874), 504; *Euph. grandidens* Haw. (Natal, Kapland) ergaben kein brauchbares Harz. *Euph. tortilis* Rottl. (Cat. des Col. franç. S. 75) enthält ein kristallinisches, nicht näher bekanntes Harz.
125. Jahresber. f. Chem. (1868), 136.
126. Ann. (1878), 193.
127. Arch. d. Pharm. (1903), 223.
128. Ber. Chem. Ges. (1908), 1373.
129. Arch. d. Pharm. (1905), 249.
130. Notizbl. d. kgl. botan. Gartens Dahlem b. Berlin (1909).
131. Jackson, Journ. of Botany XVIII, 318, 373.
132. Angew. Pflanzenanatomie I, 504 f.
133. Buhse, Aufzählung der in Transkaukasien u. Persien gesammelten Pflanzen (Moskau 1850 u. 1860).
134. Die äther. Öle, S. 751.
135. Ann. (1887), 81.
136. Ber. Chem. Ges. (1888), 164.
137. Arch. f. Pharm. (1894), 98.
138. Eine von Hirschsohn (Russ. Ztschr. f. Pharm. [1875], 225), Baker u. E. Dieterich (Helfenberger Ann. [1886], 9; [1887], 10) gefundene Galbanumsäure fehlt nach Tschirch u. Conrady (l. c.), Tschirch u. Knittel (Arch. d. Pharm. [1899], 269). — Tschirch u. Khylensjerna haben das Galbanum erneut auf diese Säure hin untersucht.
139. Flückiger, Pharmakognosie (1892), 2. Aufl., 112.
140. Die ersten Angaben stammen von Hadelich (J. pr. Chem. [1862], 466); Richter (Arch. d. Pharm. [1906], 90) führte die Trennung der Guajakonsäure Hadelichs in α- u. β-Säure aus.
141. Schröter, Lichtenstadt u. Irineu, Ber. Chem. Ges. (1918), 1587.
142. Zoernig, Arzneidrogen, I, 310.
143. E. Riecke, Die Syphilis u. der Guajak, Diss. Halle a. S.
144. M. C. Cooke, Rep. on the Gums, Resins in the Indian Museum or produced in India, London, India Museum, S. 45.
145. Benthley u. Trimen, Medic. Plants, London (1875—1880) (Abbild. auf Tab. 33, ersch. 1878).
146. *Garzinia pictoria* u. *G. pedicellata* sind nach Flückiger (Pharmacognosie, 3. Aufl. [1891], 35) sehr nahe verwandt.
147. Vgl. über die Abstammung des Gummigutt: Mason in Buchners Rep. (1848), II, 367 ff.; Hanbury, Neues Jahrb. d. Pharm. XIV, 1; Miquel, Flora von Neederl. Indie I, 2, S. 567; Cooke a. a. O.; Benthley u. Trimen a. a. O.; Flückiger a. a. O.
148. Vogl, Kommentar z. österr. Pharmakopöe, Wien (1892), 446; Flückiger, a. a. O., S. 35.
149. Angew. Pflanzenanatomie I, Wien (1889), 506 ff.
150. s. a. Tschirch, Harze u. Harzbehälter, 2. Aufl., I (1906), 833.
151. Jamie, Journ. d. Pharm. et Chim. (1875), 418.
152. Bunsen, The trade of Siam. For. Off. Rep. (1895).
153. Vogl, a. a. O., S. 446.
154. Wiesner, Gummi und Harze s. 99.
155. Dieterich, Analyse d. Harze usw., 1. Aufl., S. 241.
156. Ann. (1886), 68.
157. s. Tschirch. 150, S. 838; Lewinthal, Dissertation Bern 1900.
158. Die erste Nachricht von dem, damals „Ghittaiemon" genannten Harz gab Clusius (1603), der es von dem holländischen Admiral Jakob van Neek erhalten hatte.
159. Tschirch, Harze u. Harzbehälter, Leipzig 1906.
160. Nach „Kosmos" (1913), wo sich vorzügliche Abbildungen über d. verschiedenen Formen der Lacklaus und der Entstehung des Gummilacks finden. Die tierische Herkunft war schon von Stillmann, Arch. der Pharm., 1881 behauptet worden.
161. H. A. F. Lindsay u. C. M. Harlow, The Indian Forest Records, Report on Lac and Shellac, Allahabad (1921).
162. Tschirch u. Farner, Arch. der Pharm. (1899), 35; s. a. O. Dimroth u. St. Goldschmidt, Ann. (1913), 62.
163. Harries u. Nagel, Chem. Umschau (1922), 135; Ber. Chem. Ges. (1922), 3833.
164. Tschirch u. F. Lüdy jun., Helv. Chim. Acta VI, 994.
165. Gascard, C. R. (1914), 258.
166. H. Wolff, Farbenztg. (1922); **27**, 3130; Ztschr. f. angew. Chem. (1922), 556.
167. H. Wolff, Kunststoffe (1914), 143, 164; Chem. Rev. (1914), 4, 159.
168. Über d. Schellacksorten, die Handelsstatistik, die Beziehungen d. Gummilacks, beziehungsweise der Lacklaus zu verschiedenen Bäumen s. 161. Ferner H. Wolff, Chem. Ztg. (**1922**), 265 u. 291, wo sich auch nähere Angaben über d. Untersuchung d. Schellacks finden.
169. Chem. Ind. (1924), 131.
170. Roxburgh, Plants of the coast of Coromandel 3 (1828); Hanbury, Pharm. Journ. and Transact. 15; derselbe, Pharmacographia (1879); Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl. (1891), S. 100; Hooper, Pharm. Journ. und Transaction (1907).
171. Brandes, Pharm. Journ. and Trans. (1894).
172. Roxburgh (a. a. O.); Tropenpflanzer (1905), 468.
173. Tschirch und Weil, Arch. d. Pharm. (1903), 372.
174. Tschirch, Harze u. Harzbehälter, 1. Aufl., 511.
175. Mach, Monatsh. f. Ch. (1894), 643.
176. Utz, Farben-Ztg. 1913, S. 2531; s. a. Turner, Pharm. Zentralhalle (1907), 425.
177. Der afrikanische oder Illurinbalsam wird ebenso wie der indische in Canara und Travancore gewonnene Enreikulavobalsam von *Hardwickia pinnata*, obwohl bisweilen dem Gurjunbalsam zugeordnet, besser dem Kopaivabalsam beizustellen sein, da sie mit diesem, besonders dem bolivianischen, größere Ähnlichkeit im Verhalten gegen Lösungsmittel aufweisen.

178. Tschirch, Indische Heil- u. Nutzpflanzen.
179. Heckel und Schlagdenhauffen, Rep. de pharm., Paris (1893).
180. Junghuhn, Java; deutsch v. Hasskarl, I, 198.
181. Gintl, in Kick-Gintels techn. Wörterbuch V, 772.
182. Duplessy I, 302.
183. Cat. des Col. franç. (1867), 75.
184. Macfadyen, The Flora of Jamaica, London (1837), 37; s. a. Hanausek, Ztschr. d. allg. öst. Apothekervereins (1878).
185. Ernst, La exposicion nacional de Venezuela, Caracas, S. 260.
186. Rein, Tropenpflanzer XV (1911).
187. Ann. (1844), 81.
188. ebenda (1852), 121; (1855), 129.
189. Naturforscher-Ges. Dorpat 10, 300.
190. Rec. Trav. Chim. Pays Bas (1894), 187.
191. Arch. Pharm. (1896), 647.
192. Chem. Ztg. Rep. (1900), 71; Ztrbl. (1901), 581.
193. Ber. Chem. Ges. (1904), 396.
194. ebenda (1910), 476.
195. Ber. Chem. Ges. (1904), 4615, s. a. J. Warin, Journ. Pharm. et Chem. (1909), 521, und W. L. Scoville, Journ. Ind. and Engin. Chem. (1919), 335.
196. Journ. Chem. Soc. (1912), 1, 398.
197. Ztschr. Zuck.-Ind. Böhmen (1907), 307.
198. Spirgatis, Neu. Repert. Pharm. (1907), 452.
199. Über Anpflanzung d. Lackbaumes s. Watt, Econ. Prod. of India (1892), 501 u. Leroy, Assoc. franç. pour l'avancement des sciences (1888); Möbius, Der japan. Lackbaum (1899).
200. Korschelt und H. Yoshida, Trans. Ass. Soc. Japan **12**, 182.
201. Rein, Japan nach Reisen und Studien, Bd. II, 400 (Leipzig 1886).
202. Tschirch u. Stevens, Arch. d. Pharm. (1905), 504.
203. Majima, Ber. Chem. Ges. (1907), 4390; (1909), 1418 u. 3664; (1912), 2727; (1915), 1593; (1922), 172; Majima u. Nakamura, ebenda (1913), 4080; Majima u. Fahara, ebenda (1915), 1606; Majima u. Takyama, ebenda (1920), 1907.
204. Majima, Ber. Chem. Ges. (1922), 191.
204a. E. Rost, Med. Klinik (1914), 199.
205. Über den japan. Lack u. dessen Anwendung s. Rein, a. a. O. und Österr. Monatsschr. f. d. Orient (1882); H. Pudor, Ztschr. f. öff. Chem. (1910), 315.
206. Flückiger, Schweizer Wochenschr. f. Pharm. (1869).
207. Tschirch u. Brüning, Arch. d. Pharm. (1900), 487.
208. F. Rabak, Pharmac. Review (1909), 293.
209. S. A. Mahood, Am. Journ. Pharm. **91**, 345.
210. Heldreich, a. a. O., S. 26.
211. Humboldt u. Bonpland, Reise in d. Äquinoktialgegenden d. neuen Kontin. II, 427; A. Ernst, Bol. d. l. soc. d. Natur. d. Caracas (1870), 184.
212. Thomson, Phil. Mag. T. XXVIII, S. 122.
213. Ernst, La Exposicion nacional de Venezuela, Caracas S. 271.
214. Botan. Zeitung (1857), 346.
215. Angewandte Pflanzenanatomie I, 514.
216. Einzelne, anscheinend ganz gesunde Bäume sind wenig ertragfähig. Über Gewinnung des Balsams s. R. Croß, Report to the Under-Secretary of State f. India, Akten des India Office (1877); Botan. Jahresber. (1877), 835; Engel, Ztschr. Ges. f. Erdkunde, Berlin (1870); E. Aubert, Journ. de Pharm. et de Chim. (1886), 309 ff.; Peckolt, Pharmazeut. Rundschau (1892).
217. Die Produktion in Venezuela betrug um 1880 nach Ernst „La Exposicion nacional de Venezuela" (1886), 217, jährlich ca. 60 000 kg, von der über $^2/_3$ aus Maracaibo ausgeführt wurde.
218. C. Hartwich, Schweiz. Wochenschr. f. Chem. u. Pharm. (1909), 373.
219. Gildemeister u. Hoffmann, Die äther. Öle (1899), 882.
220. Nach Angaben von Kleinmichel [Riedel Archiv (1914), 65] kann ein Balsam als unnormal, wenn nicht verfälscht, angesehen werden, der bei der Wasserdampfdestillation ein Öl ergibt bei dem $[\alpha]_D < -2{,}5^0$ ist.
221. Leimbach, Biochem. Lexikon von Abderhalden, Bd. VII, 2. Hälfte, S. 611.
222. Harz u. Harzbehälter, 2. Aufl., S. 803.
223. Pharmaz. Ztg. (1899), Nr. 77.
224. Tschirch und Keto, Archiv d. Pharm. (1901), 548 ff.
225. So genannt zur Unterscheidung von einer schon von Strauß [Liebigs Annalen (1865), 148] gefundenen „Metakopaivasäure" (nun von Tschirch als α-Metakopaivasäure bezeichnet) $C_{22}H_{34}O_4$, Schmelzpunkt 205. Die β-Säure ist aus dem Bodensatz gewonnen.
226. von Fehling [Liebigs Annalen (1841), 110], im Satz eines Parabalsams gefunden.
227. Poggendorfer Annalen (1829), 488; (1831), 172; die Formel wurde von Rose [ebenda (1834), 36] aufgestellt.
228. Übrigens üben diese Öle einen schädlichen Einfluß aus, da sie zu Rissen und Sprüngen Anlaß geben [Eibner, „Über fette Öle", München (1922), 333].
229. Welwitsch, Journ. of the Linnean Soc. (1870), IX, 287 ff., hatte schon auf diesen Irrtum aufmerksam gemacht.
230. Kirk, ebenda (1871), 1, 479; (1877), 234; s. a. Gilg, Notizbl. d. königl. botan. Gartens in Berlin (1896), Nr. 6.
231. A. Stephan, Über den Sansibarkopal. Dissertation Bern 1893.
232. J. F. Elton, Travels and researches among the lakes and mountains of Eastern and Central Afrika, London (1879), 78.
233. Tschirch u. Stephan, Arch. Pharm. (1902), 229.
234. Notizbl. d. königl. botan. Gartens in Berlin (1897), Nr. 9.
235. Gilg a. a. O.; Perrot, Tropenpflanzer **3**, 266.
236. Engelhardt, Deutsches Kolonialblatt 1897, Nr. 12; Tropenpflanzer (1897), 45 u. 88.
237. H. Harms, Notizbl. d. königl. botan. Gartens in Berlin (1910), 175; s. a. Gilg, Chem. Rev. (1898), 175.
238. Daniell, Pharm. Journ. and Transact. (1857), 367.

239. Gilg, Chem. Rev. (1898), 175.
240. Tschirch u. Engel, Arch. Pharm. (1908), 300.
241. Harms, Notizbl. d. königl. botan. Gartens in Berlin (1910), 175 ff.
242. Gilg, Chem. Rev. (1898), 177.
243. J. Henry, L'agricult. prat. des pays chaudes (1909).
244. von Hochstetter, „Neuseeland" Stuttgart (1863), 138; Griffen, Pharm. Journ. and Transact. (1881), 989.
245. Langguth, Oil and Colour Trades (1920), 1793.
246. Tschirch u. Niederstadt, Arch. d. Pharm. (1901), 166.
247. Miquel, Flora van Nederlandsch-Indië 1070 u. Supplem. 1, S. 86 (Vol. VI).
248. Tschirch u. Koch, Arch. der Pharm. (1902), 220.
249. Gilg, Notizbl. d. königl. botan. Gartens in Berlin, 1, 200.
250. Henkel, Neues Repert. 13.
251. Das Harz von *Hymenaea Courbaril* wird nach A. Ernst [Exposicion nacional de Venezuela. Caracas (1884), 268] in Venezuela wie auch in Brasilien „Resina de algarrobo" genannt.
251a. E. Stock, **Grundlagen, Bd. III.**
252. Duplessy, Des végétaux résineux, Paris (1802), II, 78 ff.
253. Peckolt, Katalog d. pharmakogn. Samml. der Brasilian. Flora, Wien (1868); Gintl, Über einen Bestandteil des Harzes der Fereira, Sitzungsber. d. kaiserl. Akademie d. Wissenschaft, mat.-nat. Kl., Bd. 58, 443.
254. Miquel, „Sumatra", S. 88.
255. Unger u. Kotschy, „Die Insel Zypern", S. 421 ff.
256. J. Moeller, Anatomie der Baumrinden, Berlin (1882), 315 ff.; s. a. Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie I, 497.
257. Pauli, Die Insel Chios. Geogr. Ges. Hamburg (1883).
258. Beckmann, Warenkunde, Göttingen (1793), 579 gibt an, daß man den Boden um die Bäume benäßt und dann festgestampft hat, um die Verunreinigung des herabfließenden Mastix zu verhindern.
259. Heldreich, Die Nutzpflanzen Griechenlands. Athen (1862), 60, s. a. Pasqua, Bull. della R. Soc. d'Orticult. Florenz (1881), 19.
260. Die grüne Färbung soll nach Flückiger von Chlorophyll herrühren, was jedoch — mit Recht — von Wiesner bestritten wird (Rohstoffe, 2. Aufl., 307), da das Absorptionsspektrum ganz anders ist.
261. Johnston, Phil. Transact. (1889), 132.
262. Schrötter, Poggendorfs Ann. 59, 68.
263. Tschirch und Reutter, Arch. d. Pharm. (1904), 105.
264. Bericht von Schimmel & Co. (April 1893), 64.
265. Rohstoffe, 2. Aufl., S. 309.
266. Henkel, Die Naturprodukte und Industrieerzeugnisse im Welthandel, Erlangen 1868.
267. Als amerikanischer Mastix wird auch das Gummiharz von *Schinus molle* bezeichnet, s. Burseraceenharze".
268. Lloyd, Sammelbericht u. Urspr. u. Handel des Mastix, Amer. Journ. Pharm. 1917, 89, 1. Ref. Chem. Zentrbl. (1917), I, 1133.
269. Ausführlicher behandelt Flückiger die Geschichte des Mastix (Pharmakognosie, 3. Aufl., 117 ff.; s. a. Beckmann, 258).
270. K. Dieterich, Pharm. Ztrlhalle (1899), 314.
271. Tschirch u. Baur, Arch. d. Pharm. (1895), 240; Bonastre, Journ. de Pharm. (1832), 99 u. 333, hatte 10 % äther. Öl, 12% Alkoholunlösliches u. 70% lösl. Harz, sowie Bitterstoff festgestellt.
272. Vgl. Fristedt, Baume de Meque, Repert. d. Pharm. (1876), 685.
273. Sawer, British and Col. Dr. (1895); Bot. Jahrb. (1895), II, 351.
274. Über Bisabol-Myrrhe s. u. Bdellium.
275. Die Angaben über die Stammpflanze widersprechen sich stark. Nach Trimen, Pharm. Journ. and Trans. (1879), 893 ist *Balsamodendron myrrha* (Nees) (= *Balsamea Myrrha* Engl.) die Stammpflanze, während nach Berg *Balsamodendron Ehrenbergianum* die Lieferantin der Myrrhe ist. Auch *Balsamum Playfairii* wird in Anspruch genommen. Dies für die afrikanische Myrrhe. Bei der afrikanischen werden drei Arten (nicht im europäischen Handel) unterschieden: Fadhili-, Hadramant-, Yemen-Myrrhe. Die erste soll von *Balsamodendron myrrhe* Nees und *B. simplicifolia* Schweinf. stammen, die zweite wird auf *B. oppobalsam* Kth. zurückgeführt, die Herkunft der dritten ist unbekannt; s. Stapf, Botan. Zentrbl. (1896), 2, II, 112; Holmes, Pharm. Journ. and Trans. (1896), 1381.
276. Tschirch u. Bergmann, Arch. d. Pharm. (1905), 641.
277. Heckel u. Schlagdenhauffen, Repert. de Pharm., Paris 1893.
278. Harms, Notizblatt des Berliner Botan. Gartens (1908), 95.
279. Dorat nach Hanbury, Science papers, London (1876), herausgegeben v. Ince nach Wiesner. Rohstoffe, 3. Aufl.
280. Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl. (1891), 137.
281. Vogl, Kommentar (1892), 461.
282. Moeller, Zeitschr. d. allg. österr. Apothekervereins (1896), 27.
283. Tschirch, „Harze u. Harzbehälter".
284. Tschirch u. Hamann, Arch. d. Pharm. (1896), 641.
285. Fremy, Ann. 30, 326.
286. Kraut, Lieb. Ann. (1858), 208; (1869) 129; s. a. Tschirch und Trog, Arch. d. Pharm. (1894), 70.
287. Thoms, Arch. d. Pharm. (1899), 271.
288. Schmidt, Jahresber. (1885), 324.
289. Mauch, Über physik.-chem. Eigenschaften des Chloralhydrates. Dissertation Straßburg (1898).
290 Apoth. Ztg. (1913), 37.
291. H. Wolff, Pharm. Ztg. (1921), 38.
292. Niedenzu, in Engler-Prantls Pflanzenfamilien (1891), III, 2, 102.
293. Roxburgh, Flora indica.

294. Cat. des Col. franç. (1867), 73; Cook a. a. O., 66; Dragendorff, a. a. O., 631.
295. E. Heckel u. F. Schlagdenhauffen, Rep. de pharm., Paris (1893).
296. Broussonet, in Defontaines, Flora Atlantica, S. 353.
297. Dürkop, Tropenpflanzer (1903), Beiblätter, S. 180.
298. Moeller, Anatomie der Baumrinden, Berlin (1882), 17.
299. Tschirch, Harze und Harzbehälter, 2. Aufl. (1906), I, 526.
300. Tschirch und M. Wolff, Arch. d. Pharm. (1906), 684.
301. Tschirch und Balzer, ebenda (1896), 289.
302. Henry, Chem. Investigation of the constituens of Sandarac resin, Diss., London (1901).
303. Gehe, Handelsbericht, Dresden (Sept. 1892).
304. Maiden, Pharm. Journ. and Transact. T. 22. 362 und Am. Pharm. Journ. (1895).
305. J. Moeller, Ztschr. d. allg. österr. Apothekervereins (1896), Nr. 1 u. 3.
306. Scherzer, Smyrna [Wien (1873)]; Flückiger, Pharmakognosie, 3. Aufl. (1891), 127.
307. Moeller, a. a. O.; Hanbury, Pharm. Journ. and Trans. (1857); Sawer, Odorographia, London (1892); Lanessau, Histoire des drogues I, 491.
308. Bonastre, Journ. de Pharm. (1827), 149; (1831), 338.
309. Miller, Lieb. Ann. 1877, 184; Laubenheimer [Ann. (1872), 289] will auch Zimtsäurebenzylester gefunden haben.
310. Tschirch, Harze und Harzbehälter, 2. Aufl., S. 298; Tschirch und van Itallie, Arch. d. Pharm. (1901), 532.
311. Ber. Chem. Ges. **49**, 1622.
312. Dieterich, Chem. Rev. (1897), 48.
313. Die Gesamtausbeute an Zimtsäure kann 12%, nach Löwe [Arch. d. Pharm. (1857), 193] sogar bis 23 % betragen, während Tschirch sogar 47 % berechnet. Liebermann [Ber. chem. Ges. (1890), 155] fand in Zimtsäure aus Styrax eine raumisomere Isozimtsäure (Schmelzpunkt 57°). Mylius [Ber. chem. Ges. (1882), 945] fand eine bei 350° schmelzende kristallisierende Substanz: Styrogenin $C_{26}H_{40}O_5$ (?) im petrolätherlöslichen Anteil.
314. Niedenzu in Engler-Prantl, Pflanzenfamilien **3**, 2 (1891), 121.
315. Gildemeister u. Hofmann, Die ätherischen Öle, 1. Aufl., S. 546.
316. Journ. de Pharm. (1876), 244.
317. Schroeder, Pharmacopeia medico-chymica (1649). Auf Grund eines chinesischen Berichtes glaubt Flückiger (a. a. O.), daß der Styrax liquidus in Vorderasien schon im 7. Jahrhundert bereitet wurde.
318. M. Henze, Ber. Chem. Ges. **49**, 1622, Schweiz. Apoth.-Ztg. (1919), 351.
319. Schweiz. Apoth.-Ztg. (1919).
320. Pharm. Weekblad (1918), 142.
321. Amer. Parfumer **14**, 161.
322. Junghuhn, Java I, 322; Miquel, „Sumatra", S. 88; Wiesner, „Gummi u. Harze", S. 179; s. a. Pharmacopoea of India (1868), 88.
323. Dieterich, Analyse der Balsame u. Harze. Tschirch u. Saal, Arch. d. Pharm. (1904), 395.
324. Früher verstand man unter Terpentin d. Balsam (Balsamum cyprium) von *Pistacia terebinthus*, der auf Chios und Cypern gewonnen wurde [Th. Dyer, Pharm. Journ. and Transact. (1886), 385].
325. Tschirch, Harze u. Harzbehälter (1906), 514.
326. Dippel, Botan. Ztg. (1863), 253.
327. Tschirch u. Nottberg, Arch. d. Pharm. (1897).
328. H. Mayr, Das Harz d. Nadelhölzer, seine Entstehung usw., Berlin (1894).
329. Dupont, Bull. de Chim. france (1921), 718 ff.
330. Laurent, Ann. (1840), 272.
331. Vesterberg, Ber. Chem. Ges. (1887), 3248.
332. Köhler, Journal pract. Chem. (1912), 530.
333. Klason u. Köhler, ebenda (1906), 337; (1912), 534; s. a. Schkatelow, Mon. scient. (1908), 217, 548; F. Schulz, Journ. pract. Chem. (1910), 403; (1912), 561.
334. Kelbe, Ber. Chem. Ges. (1887), 2174; Tschirch u. Koritschoner, Arch. Pharm. (1902), 571 u. (1903), 534; Vesterberg, Berichte (1903), 4200; Easterfield u. Bagley, Journ. amer. soc. (1904), 1247; Levy, Ztschr. f. angew. Chem. (1913), 146; Virtanen, Ber. Chem. Ges. (1920), 1880; Ruzicka u. Meyer, Chim. Helv. Act. (1922), 581; (1923), 1079; Bucher, Journ. Am. Soc. (1910), 374.
335. Virtanen, Ann. (1921), 150.
336. Aschan, Ber. Chem. Ges. (1922), 2944.
337. Ruzicka, Schinz u. Meyr, Chim. Helv. Act. (1923), 1049.
338. O. Aschan, Chem.-Ztg. (1924), 149.
338a. H. Binde, Arch. Pharm. (1914), 547.
339. Fahrion, Ber. Chem. Ges. (1921), 1944; (1922), 707; Ztschr. f. angew. Chem. (1907), 356.
340. O. Aschan, Ber. Chem. Ges.. (1922), 2944,
341. O. Aschan, ebenda (1921), 867; (1922), 1,
342. Ruzicka und Schinz, Helv. Chim. Acta (1923), 834.
343. L. Paul nach Chem. Ztrbl. (1914), I, 1655, 2169; (1915), I, 483, 1265; (1915), II, 189, 390; (1916), II, 906; (1917), I, 709; (1918), I, 51; (1919), II, 605; (1919), IV, 667; (1920), II, 374; (1921), I, 772.
344. G. Dupont, Compt. rend. **174**, 395.
345. Wiesner, Gummi und Harze (1869), 113. Über Überwallungsharz von *Pinus laricio*; s. a. F. Krasser, Sitzungsbericht d. Wiener Akad. d. Wissensch. Juli 1891 und Juli 1897. Über d. Überwallungsharze von *Picea excelsa* und *Larix europaea*.
346. M. Bamberger, Monatsh. f. Chem. (1891), 441; (1894), 505; derselbe mit A. Landsiedl, ebenda (1897), 483.

347. M. Bamberger u. A. Landsiedl, ebenda (1899), 647 und 755; s. a. über Laricresinol H. Hermann, Monatshefte f. Chem. (1902), 1022; M. Bamberger u. H. Renezeder, ebenda (1903), 209; M. Bamberger u. E. Vischner, ebenda (1900), 564 u. 949.
348. Tschirch u. B. Niederstadt, Arch. d. Pharm. (1901), 167.
349. Tschirch u. M. Koch, ebenda (1902), 272. Über d. sogenannte russische weiße Pech (Beljivar) s. a. Tschirch u. Koritschoner, ebenda (1902), 568.
350. Tschirch u. Weigel, ebenda (1900), 387.
351. Tschirch u. G. Schmidt, ebenda (1903), 570.
352. Tschirch u. Weigel, a. a. O.
353. Tschirch u. Brüning, ebenda (1900), 616 u. 630.
354. Tschirch, Harze u. Harzbehälter.
355. A. Wichmann, Arch. d. Pharm. (1912), 472.
356. Über columbischen Tolubalsam s. P. van der Wielen, Pharm. Weekblad (1915), 631; durch pharm. Jahresber. (1915), 25.
357. Wiesner, Gummi und Harze (1869), 175 ff.
358. Tschirch u. Oberländer, Arch. d. Pharm. (1894), 559.
359. Schon von Busse gefunden, Berl. Ber. (1876), 833; neben freier Benzoe- und Zimtsäure und Benzylalkohol. Freie Benzoesäure wurde allerdings von Tschirch nicht festgestellt.
360. Schmidt, Arch. d. Pharm. (1886), 534.
361. Gildemeister u. Hoffmann, Die ätherischen Öle (1899), 586.
362. Arch. d. Pharm. (1898), 289.
363. R. S. Pearson u. P. Singh, Ind. For. Rec. (1918), 305; Bull. Imp. Inst. Lond. (1915), 351; (1919), 59.
364. W. Schultze, Chem. Umschau (1923), 144, 151, 169.

H. Wolff.

Hefen.

(F. Boas.)

Inhaltsübersicht.

	Seite
I. Systematik, Morphologie und Inhaltsstoffe der Hefezelle	1108
II. Hefe im Gärungsgewerbe	1114
III. Hefe als Rohstoff in der Technik	1115
IV. Hefeverwertung und -erzeugung	1115
V. Medizinische Verwendung	1117
VI. Düngerhefe	1117
VII. Hefe in der Nahrungsmittelchemie	1118
VIII. Preßhefe und Bäckereihefe	1119
IX. Literatur	1120

I. Systematik, Morphologie und Inhaltsstoffe der Hefezelle. Unter Hefe im wissenschaftlichen Sinne versteht man eine bestimmte Familie von Schlauchpilzen oder Ascomyceten, die Saccharomyceten. Sie zeichnen sich durch folgende Merkmale aus: 1. sie besitzen ein mehr oder minder starkes Sporenbildungs- und Gärvermögen. 2. Die vegetative Vermehrung erfolgt bei der Mehrzahl der Saccharomyceten auf dem Wege der Sprossung. Diese Gruppe bezeichnet man daher als Sproßpilze oder Blastomyceten. Ein kleiner Teil der Hefen vermehrt sich vegetativ durch Spaltung, es ist dies die Gruppe der Spalthefen oder Schizosaccharomyceten.

Im gewöhnlichen Sprachgebrauch der Gärungsindustrie und im weniger exakten Sinn bezeichnet man als „Hefen“ häufig auch Pilze, die entwicklungsgeschichtlich und physiologisch mit Saccharomyceten nicht verwandt sind, die aber 1. durch ihr häufiges Vorkommen mit Hefen in den Gärungsbetrieben und in der Natur und 2. durch ihre vegetative Vermehrung durch Sprossung teils eine örtliche, teils eine pseudomorphologische Verwandtschaft mit Hefen aufweisen und daher vielfach als Hefen im weiteren Sinne bezeichnet werden. Zu dieser letzteren Gruppe gehören die großen Familien der Torulaceen und der Mycodermaceen. Beide sind weit verbreitet und spielen im Gärungsgewerbe häufig als Schädlinge eine unerwünschte Rolle.

Nach dieser allgemeinen Gliederung des Begriffes Hefe gebe ich eine Übersicht über die Hefen im engeren und über die Hefen im weiteren Sinne in Anlehnung an das Werk von Guillermond (1) und unter Einfügung einer neuen Gattung von Chaborski (2), die Guillermond noch nicht berücksichtigen konnte.

Systematische Übersicht der Hefen.

Hefen

A Saccharomyceten	B Nonsaccharomyceten
Hefen im eigentlichen Sinne; Pilze aus der Ordnung der Ascomyceten.	(Allosaccharomyceten) Hefenähnliche Organismen verschiedener Verwandtschaftskreise.

A. Saccharomyceten.

Einzellige Pilze mit vegetativer Vermehrung meist durch Sprossung, mit meist starker Gärung und immer vorhandener Sporenbildung in Schläuchen; Zahl der Sporen 1—12, meist 4.

1. Familie. Sproßhefen. Vegetative Vermehrung durch Sprossung.

Gruppe A. Bilden bei der Gärung einen starken Bodensatz, später mehr oder minder fettige, feuchte Decken (Kahmhäute) auf gärfähigen (Zucker)lösungen. Schlauchsporen rund oder rundlich, mit 1 bis 2 Membranen. Ausgesprochene Alkoholbildner. Wichtige Gärungsorganismen in Gärungsbetrieben.

1. Gattung *Saccharomyces* Meyen. Schlauchsporen mit einfacher Membran bilden bei der Keimung Sproßhefen, manchmal auch ein rudimentäres Myzel. Guillermond stellt nach dem Gärungsvermögen folgende sechs Untergruppen der Gattung *Saccharomyces* auf.

a) Vergären Dextrose, Maltose und Saccharose, aber nicht Milchzucker (Laktose).

Hierher die meisten technisch wichtigen Brauerei-, Brennerei- und Weinhefen.

b) Vergären Dextrose und Saccharose, nicht Maltose und Laktose.

c) Vergären Dextrose und Maltose, nicht Saccharose und Laktose.

d) Vergären nur Dextrose.

e) Vergären nur Laktose.

f) Gären überhaupt nicht. Hierher gehört z. B. *Saccharomyces Hansenii* Zopf.

2. Gattung *Saccharomycopsis* Klöcker. Schlauchsporen mit doppelter Membran.

3. Gattung *Saccharomycocles* Hansen. Zellen teils durch Spaltung, teils durch Sprossung entstehend, oft myzelartig mit Querwänden austreibend. Sporen zu zweien miteinander verschmelzend (Parthenogamie) und dann einen Schlauch treibend, an dessen Ende eine Zelle halb abgeschnürt, halb abgespalten wird.

S. Ludwigii Hansen im Eichenschleimfluß; *S. Behrensianus* (Behrens) Klöcker auf Hopfen.

4. Gattung *Hansenia* Lindner, Klöcker. Zellen beiderseits deutlich zugespitzt. Schlauch mit einer Spore. Vgl. bei den Torulaceen die konvergente Gattung *Pseudosaccharomyces*.

Gruppe B. Vegetative Vermehrung durch Sprossung. Sexuelle Fortpflanzung durch Kopulationsvorgänge ausgezeichnet.

1. Gattung *Zygosaccharomyces* Barker. Zwei Zellen kopulieren und bilden den Ascus. Sporen kugelig mit dicker, glatter Membran. Iso- bis Heterogamie. In Ingwerbier, Ziderbier, auch bei der Soyagärung beobachtet.

2. Gattung *Debaryomyces* Klöcker. Meist Heterogamie. Kugelige Sporen mit warziger Membran.

3. Gattung *Nadsonia* (Guillermond) Nadson. Heterogame Gattung.

4. Gattung *Schwanniomyces* Klöcker. Kopulationsäste vorhanden, Kopulation fehlt, Sporen mit einer warzigen Membran.

5. Gattung *Torulaspora* Lindner. Runde, torulaähnliche Zellen mit einem großen zentralen Fettropfen. Andeutung von Kopulationsbestrebungen. Unsichere Gattung. Im amerikanischen Alebier (*T. Delbrückii* L.), im Eichenschleimfluß, im Rahm. Vgl. bei den Torulaceen die konvergente Gattung *Torula*.

6. Gattung *Asporomyces*. Chab. Andeutung zur Kopulation vorhanden. Sporenbildung fehlt. Gärt stark. Chaborski [(2), S. 27].

Gruppe C. Stark hautbildende Hefen, mit trockenen, lufthaltigen Kahmhäuten. Sporen mit einer Membran, verschiedengestaltig, hutförmig, halbkugelig, eckig, mit vorspringenden Leisten. Keine ausgesprochenen Gärungserreger, bilden häufig Fruchtäther (Esterhefen).

1. Gattung *Pichia* Hansen. Sporen kugelig, halbkugelig oder eckig. Kaum oder nicht gärend. Bildet schwache Myzelien. Teils in alkoholischen Getränken, oder auf Früchten, Wurzeln und Blättern.

2. Gattung *Willia* Hansen. Sporen zitronen- oder hutförmig. Fruchtätherhefen. Häufig im Bier. *Willia anomala* H.

2. **Spalthefen.** Vegetative Vermehrung durch Spaltung. Schläuche mit 4—8 Sporen. Isogame Kopulation. Zellen rechteckig bis rundlich.

Gattung *Schizosaccharomyces* Lindner. Häufig im Negerbier. *S. pombe* L. Andere Arten aus Zuckerrohrmelasse, aus Arrakfabriken und auf Korinthen. Subtropische bis tropische Gattung.

3. **Hefen unsicherer Stellung.** Vegetative Vermehrung durch Sprossung. Schlauchsporen spindel- oder nadelförmig.

1. Gattung *Monospora* Metschnikoff. In der Leibeshöhle und im Darm von Daphnien.

2. Gattung *Nematospora* Peglion. Schlauchsporen zu 8 in einem Ascus, Sporen mit einer Geißel. Auf Haselnußkernen.

B. Allosaccharomyceten (Nonsaccharomyceten Guill.).

Den Hefen werden vielfach einzellige, hefenähnliche Organismen der verschiedensten Verwandtschaftskreise angegliedert. Hierher gehören die teilweise in Gärungsbetrieben häufigen, oft schädlichen Familien a) der Torulaceen, b) der Mycodermaceen und ferner c) die in den Nektarien vieler Pflanzen häufigen Nektarhefen oder Anthomyzeten. Wichtig sind insbesondere die Gattung *Torula, Pseudosaccharomyces, Mycoderma* und vielleicht *Medusomyces*.

Vegetative Vermehrung durch Sprossung. Sporen und Schläuche fehlen. Teilweise mit Gärvermögen.

1. Gattung *Torula* Turpin. Zellen vielfach kugelrund bis kugelig, mit zentralem Fettropfen. Viele Arten mit länglichen Zellen. Einzelne Arten ± lebhaft gärend. Viele Arten lebhaft gefärbt, insbesondere rot, braun oder weißlich. Häufig, insbesondere in Gärungsbetrieben. Vergleiche Will (3).

2. Gattung *Pseudosaccharomyces* Klöcker (4, 5). Zellen zitronenförmig. Häufig im Wein, Bier, Boden. Hinsichtlich der Form vgl. die Gattung *Hansenia*, die aber Sporen bildet. Für die Gattung *Pseudosaccharomyces* will A. Janke (5a) den Namen *Klöckeria* einführen. An der Gattung »*Torula*« hat Berkhout (5b) weitgehende nomenklatorische Änderungen vorgenommen.

Mycodermaceen. Gattung *Mycoderma* (6) Persoon. Kahmpilz. Zellen länglich, starke weißliche trockene Decken (Kahmhäute) bildend. Kein Gärvermögen. Häufig auf alkoholischen Flüssigkeiten. Säurebildner und Säurezerstörer.

Gattung *Medusomyces* Lindau. *Mycoderma* ähnlich, dicke, gelatinöse Häute bildend.

3. Familie *Anthomyzeten.* In Nektarien zahlreicher Pflanzen. Nicht sporenbildend. Hierher *Anthomyces Reukaufii* (7).

Auf die symbiotisch lebenden Hefen sei nur kurz hingewiesen. Näheres findet man bei Buchner (8).

Außer diesen mehr oder minder hefenähnlichen Organismen findet man noch andere Zusammensetzungen mit dem Worte »Hefe«, ohne daß diese »Hefen« in irgendeiner Beziehung zu Hefen stehen. Mit dem Ausdruck Mucorhefe bezeichnet man gärendes Sproßmycel von hefeähnlicher Gestalt, auch Kugelhefe genannt, von gewissen Mucorineen, wie *Mucor plumbeus, M. racemosus.*

So wenig wie die Mucor- oder Kugelhefe ist die chinesische Hefe (10) eine Hefe. Der Hauptbestandteil ist nach Calmette *Mucor (Amylomyces) Rouxii.* Saito[1]) isolierte aus chinesischer Hefe noch *Aspergillus oryzae, Rhizopus tritici, Rh. tamari, Monascus purpureus, Saccharomyces coreanus* und eine *Mycoderma*-Art. Die »Hefe von Sikkim« besteht in der Hauptsache aus *Mucor Prainii*; die »Hefe von Khasia« enthält *Dematium Chodati.* Beide Organismen verzuckern und vergären

[1]) Vgl. auch den Abschnitt Enzyme.

Bezeichnung der Reinkultur	Gärsubstrat															
	Inulin	Dextrin	Glukose	d-Mannose	d-Galaktose	Fruktose	Trehalose	Rohrzucker	Maltose	Milchzucker	Melibiose	Raffinose	α-Methylglukosid	β-Methylglukosid	Arabinose, Xylose, Rhamnose, l-Sorbose, α-Glukoheptose, Tagatose	
Orangehefe aus Mazun	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
S. hyalosporus	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—
S. Bailii aus Danziger Jopenbier	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—		—
S. apiculatus aus Leipziger Met	—	—	3	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—		—
Torula pulcherrima	—	—	3	2	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—		—
S. Ludwigii	—	—	3	2	1	3	—	3	—	—	—	1	—	—		—
S. Marxianus	3	—	2	2	1	3	—	2	—	—	—	1	—	—		—
Monilia candida	—	1	3	2	2	3	3	3	3	—	—	—	—	—		—
Milchzuckerhefe	—	—	2	1	1	2	—	2	—	1	—	2	—	—		—
Logoshefe (van Laer)	1	3	3	3	2	3	—	3	3	—	3	1	1	—		—
Schizosaccharomyces pombe	2	2	3	—	—	3	—	3	3	—	—	2	2	—		—
Schizosaccharomyces mellacei	2	2	3	3	1	3	3	3	3	—	—	1	1	—		—
S. thermantitonum	3	2	3	3	1	3	3	3	3	?	—	3	3	—		—
Saaz untergärig	—	—	3	3	2	3	?	3	3	—	3	3	3	—		—
Frohberg untergärig	—	—	3	3	3	3	2	3	3	—	3	3	3	—		—
Rasse II (aus derselben)	—	2	3	3	1	3	3	3	3	—	—	1	3	—		—
Typus Saaz obergärig (Brennereihefe isoliert)	3	1	3	3	2	2	—	3	—	—	—	1	—	—		—

stark. Bei diesen »Hefen« treten also besonders Stärkeverzuckerer mikroskopisch in den Vordergrund, die eigentlichen »Hefen«, d. h. Gärungserreger dagegen fallen weniger auf.

Die technisch wichtigen Hefen verteilen sich auf die zwei großen Stämme der Saccharomyceten, nämlich auf die Sproßhefen und auf die Spalthefen. Über die Beziehungen dieser zwei Gruppen zueinander, vergleiche man Zickes (11). Die Abspaltung der Spalthefen oder Schizosaccharomyceten von den Saccharomyceten erfolgte durch Lindner (12) 1893. Die Schizosaccharomyceten, insbesondere *Sch. pombe* Lind. spielen in tropischen Gegenden als Gärungserreger eine große Rolle. Die Pombehefe ist der Erreger der Alkoholgärung des Hirsebieres der Eingeborenen Mittel- und Südafrikas. *Schizosaccharomyces octosporus* ist ein gewöhnlicher Begleiter der Pilzflora der Rosinen und Korinthen. *Sch. mellacei* und *Sch. Vordermanni* wirken bei der Gärung der Zuckerrohrmelasse in der Rum- und Arrakbereitung mit. Die anderen technisch wichtigen Saccharomyceten sind echte Sproßpilze und ausgesprochene Gärungserreger; nur einzelne weniger wichtige Gattungen, wie z. B. *Willia*, gären schwach. Eine Übersicht über das Gärvermögen einer Reihe häufiger oder wichtiger Hefen ist in der Tabelle S. 1110 [aus Euler und Lindner (13)] gegeben.

In dieser Tabelle bedeutet — keine Gärung, ? spurenweise, 1 schwache, 2 mäßige und 3 starke Gärung. Aus derselben Tabelle ist zu ersehen, daß einzelne Hefen mit Erfolg zur Zukkerbestimmung und Zuckerreinigung verwendet werden können. Auf die wichtige, aber wechselnde Fähigkeit zur Dextrinvergärung sei hier nur kurz verwiesen.

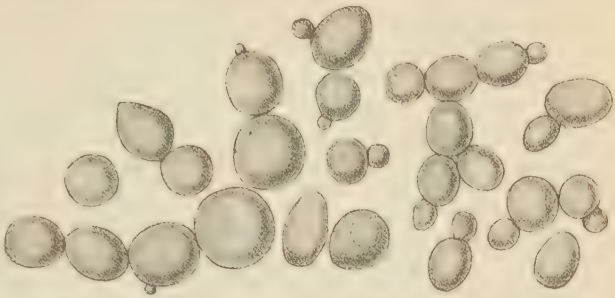


Abb. 1. *Saccharomyces cerevisiae.* Vergr. 1000. Sprossende Zellen nach Hansen.

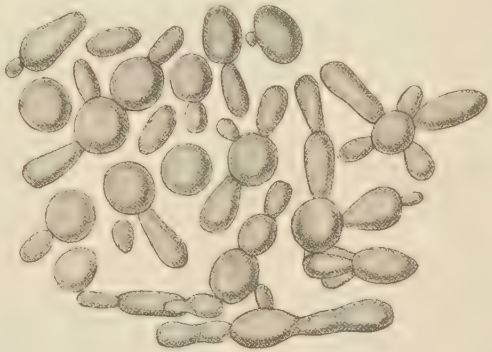


Abb. 2. *Saccharomyces cerevisiae.* Vergr. 1000. Hautkolonie nach Hansen.

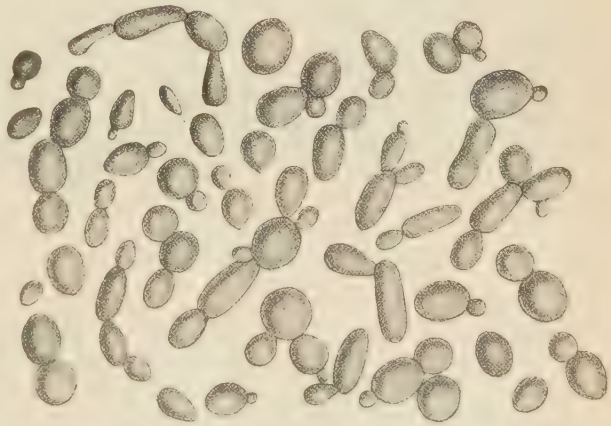


Abb. 3. *Saccharomyces ellipsoïdeus.* I. Vergr. 1000. Sprossende Zellen von Oberhefe nach Hansen.

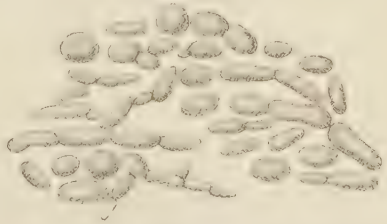


Abb. 4. *Saccharomyces ellipsoideus.* I. Vergr. 1000. Hautkolonie nach Hansen.

Abb. 5 und 6. Zwei Schädlingshefen (wilde Hefen) in Bieren.

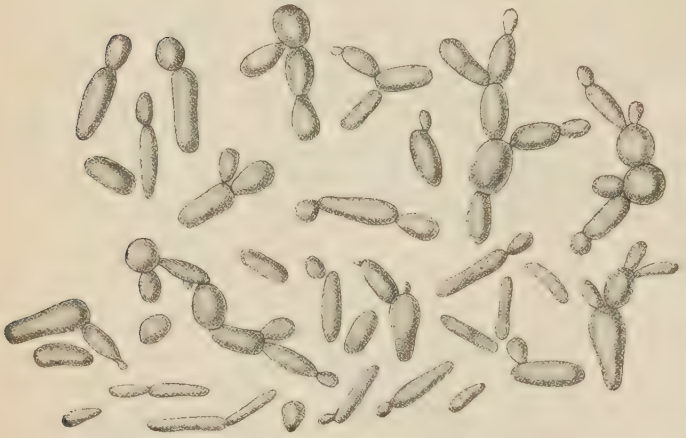


Abb. 5. *Saccharomyces Pastorianus.* III. Vergr. 1000. Sprossende Zellen nach Hansen. (*S. validus.*)

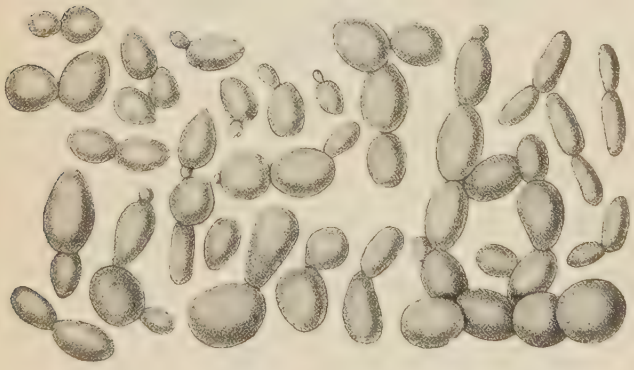


Abb. 6. *Saccharomyces ellipsoideus.* II. Vergr. 1000. Sprossende Zellen nach Hansen. (*S. turbidans.*)

Die Form der Hefezellen ist eiförmig bis fast kugelig, ältere Zellen sind oft wurstförmig oder länglich. Weinhefen sind oft ellipsoidisch, daher der Name *Saccharomyces ellipsoideus* für die älteste Weinhefe. Die Größe der Zellen beträgt 14 μ : 10 μ bei den Preß- und Brennereihefen, bei den Bier- und Weinhefen beträgt sie meist 8—10μ : 6—8μ. Riesenzellen und Involutionsformen übersteigen natürlich oft erheblich diese Ausmaße. *Pseudosaccharomyces-* und *Hansenia*-Arten sind durch ihre zugespitzten Zellformen leicht zu erkennen.

Die Formen einiger wichtiger Hefen sind aus den Figuren 1—7 zu ersehen:

Die häufigste Weinhefe. Hierher gehören die bekannten Stämme Johannisberg I und II.

Bei der mikroskopischen Untersuchung fallen Zellhaut, Plasma, Vakuolen, Granula und eventuell das stark lichtbrechende Glykogen und Fett leicht auf. Der Zellkern (14) ist nur durch besondere Färbemethoden nachzuweisen. In Kulturhefen treten Sporen selten auf, wenn nicht besondere Kulturmethoden angewendet

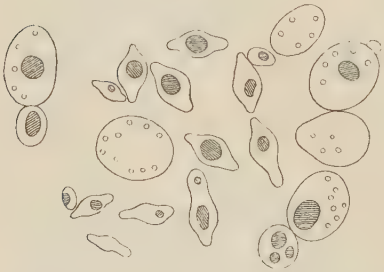


Abb. 7. Bild eines Gemisches der Zellen des sog. *Sacch. apiculatus* mit denen des *Sacch. cerevisiae.* I. Hansen, einer obergärigen englischen Bierhefe; jene von Zitronengestalt, diese meist eirund und viel größer; in beiden meist Vakuolen (schraffiert). Vergr. 950. (Nach E. Ch. Hansen.)

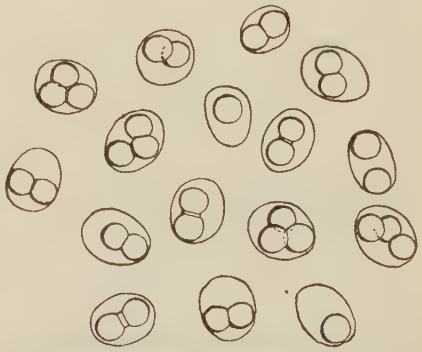


Abb. 8. Hefe (Bierhefe, Kulturhefe einer Brauerei in Odessa) mit Sporen. Nach Schnegg. *Saccharomyces odessa* n. sp. Typische Sporenbilder.

werden, dagegen bilden z. B. *Saccharomyces Odessa* Schnegg und *Willia*-Arten leicht Sporen. Ein besonderer Inhaltsstoff der Hefezellen ist Volutin, das Henneberg (15) irrig mit der Zymase zusammenbrachte.

Die Hefenzellwand besteht aus Hefengummi (16), Chitin fehlt. Außer Hefengummi, das für die Erkennung der Hefenextrakte im Gegensatz zu den Fleischextrakten wichtig ist, und das nach Salkowski (17) 5,4 % der Preßhefe ausmacht, findet sich in der Zellwand noch ein Kohlenhydrat, die Achroozellulose, ein Mannodextran.

Der Zellkern der Hefe ist reich an echtem Nuklein, also auch an Nukleinsäure. Die Hefennukleinsäure $C_{38}H_{49}N_{15}O_{29}P_4$ (18) ist für die Bereitung von Nukleinsäurepräparaten und für die Forschung ein wichtiges Ausgangs- und Rohmaterial. Entdeckt wurde das Hefennuklein durch Hoppe-Seyler, abgeschieden in reiner Form durch Kossel (19). Stutzer (20) stellte fest, daß vom Gesamtstickstoff der Hefe ein Viertel auf Nuklein entfällt; er gibt folgende Zahlen an: 8.65 % Gesamtstickstoff, 2,26 % Nuklein, 0.87 % Amide und 5,52 % Albumin.

Genau untersucht ist vom Hefeneiweiß das Albumin Cerevisin und das Hefenkasein. Im übrigen vgl. man den Abschnitt Eiweiß und die Arbeiten von Wroblewski (21), Thomas (22) und die Darstellung bei Euler und Lindner, Chemie der Hefe und der alkoholischen Gärung (1915).

Über die chemische Zusammensetzung der Hefe gibt in großen Umrissen die folgende Tabelle Auskunft; die Zahlen betreffen teils Brauereihefe, teils die nach Delbrücks Verfahren aus Zucker, Melasse und Ammonsalzen, Superphosphat und Kalisalzen hergeführte Mineralhefe (23). Die Zahlen selber entstammen den Arbeiten von Völtz (24) und D. Meyer (25).

	Völtz's Analyse		Meyers Analyse		
	Mineralhefe %	Brauereihefe %	Mineralhefe %	Brauereihefe %	
Trockensubstanz	90,0	90,0	—	—	
Organische Substanz	77,4	82,7	—	—	
Asche	12,6	7,3	15,25	7,86	
Reineiweiß	—	—	37,21	38,55	
Rohprotein	46,9	49,3	50,9	52,74	
Rohfett	4,8	2,2			N-freie Extraktstoffe und Fett
Kohlenhydrate	25,7	31,2	25,14	27,9	N-freie Extraktstoffe und Fett
Nutzbare Kalorien pro 100 g	249	269	—	—	
Stärkewert	—	—	56,9	60,4	

Nach Fendler (26) und Borinski entspricht einem Kilogramm Mineralhefe, das den Wärmewert von 3624 Kcal/kg ergibt, 2,1 kg mittelfettes Rindfleisch.

Wichtig ist, daß im allgemeinen zwei Drittel der Trockensubstanz der Hefe aus Eiweiß bestehen, weswegen sie ein wichtiger Rohstoff für zahlreiche Eiweißpräparate ist.

Fett bildet in der Hefe gewöhnlich 2—5% der Trockensubstanz, alte Hefen enthalten 10—13%, und in einer 15 Jahre alten in Bier aufbewahrten Hefe fanden sich 52% der Trockensubstanz an Fett. Henneberg hat diese Erscheinung als fettige Degeneration bezeichnet. Über Hefenfett vgl. Henneberg (27), Hinsberg (28) und Roos, Will (29) und Sedlmayr (30). Genau wie der Fettgehalt der Hefe außerordentlich schwankt, ebenso schwankt der Aschengehalt in sehr weiten Grenzen, namentlich, wenn man nicht nur Brauereihefe sondern auch die Delbrücksche Mineralhefe (siehe oben) mit in Betracht zieht.

In der Hefenasche beträgt der Gehalt an Phosphorsäure die Hälfte, ein Viertel bis ein Drittel entfällt auf Kali, der Rest auf Magnesia. Kalk, Natron usw. Im einzelnen erhielt Heinzelmann (31) folgende Zahlen an den Reinzuchtstämmen der Berliner Versuchsstation:

Stamm II		Stamm XII	Mineralhefe
76,7	Wasser	73,3	—
23,3	Trockensubstanz	26,3	—
9,9	Asche	8,13	12—15%

Von 100 Teilen Asche sind:

	Stamm II	Stamm XII
Phosphorsäure . . .	54,4	52,7
Magnesia	4,86	4,79
Kalk	0,95	0,60

II. Hefe im Gärungsgewerbe, Zeug, Kernhefe, Abfallhefe, Reinhefe, Ober- und Unterhefe. Im Gärungsgewerbe unterscheidet man je nachdem, ob die Hefe mehr an der Oberfläche der Gärflüssigkeiten oder mehr als Bodensatz (Depot) sich betätigt, Ober- und Unterhefen. Die Oberhefen sind im Verlaufe der Entwicklung der Brauindustrie immer mehr den Unterhefen gewichen. Die Rohfruchtbrennereien und Preßhefefabrikation arbeiten mit obergärigen Hefen; bekannt sind die Stämme II und III des Berliner Instituts für Gärungsgewerbe. Obergärige Biere werden in größerem Maßstabe in England, Belgien, Nordfrankreich und Holland hergestellt; in Deutschland arbeiten die Weißbierbrauereien obergärig.

Für das Gärungsgewerbe wird Reinzuchthefe in großem Maßstabe handelsmäßig versandt. Man versendet Reinzuchthefe im kleinen auf sterilem Filtrierpapier oder auf Watte in wasserundurchlässigem Umschlag, in Freudenreich-Kölbchen auf Watte angetrocknet oder in größerer Menge in Flaschen oder kupfernen Literkolben; diese Kolben lassen sich unter Kühlung bis in die Tropen versenden. Auch in Form von Preßhefe, in sterile Blechbüchsen gepackt und luftdicht verlötet, wird sie versandt. Durch Einbetten in Sägespäne und Eis kann für Kühlung gesorgt werden (Büchsenhefen). Für den Versand in heiße Gegenden hat man, um die Hefen vor Fäulnis und Selbstgärung zu schützen, die Hefen auf Holzkohle, Kieselgur, Holzzellulose getrocknet und sie als Hefenkonserven mit Erfolg in den Handel gebracht. Über Büchsenhefen hat Henneberg (32), über Hefenkonserven und über Büchsenhefen hat Will (33) umfangreiche Versuche angestellt.

Die in der letzten Zeit in den Handel gebrachten »Vierkahefen« sind Weinhefen, die an steriles Obst angetrocknet sind.

Im Sprachgebrauch des Brauers heißt die Hefe Zeug. In der untergärigen Brauerei gibt man zu je einem Hektoliter der zu vergärenden Bierwürze ungefähr einen halben Liter dickbreiiger Hefe, die »Anstellhefe«, die am Grunde des Jungbieres sich als Bodensatz, als »Satzhefe oder Depot« ansammelt und sich am Ende der Gärung auf etwa das Vierfache der Einsaat vermehrt hat. Im Bodensatz unterscheidet man drei Schichten: zu unterst die Bodenhefe oder den Unterzeug, darüber die Kernhefe und zu oberst den Oberzeug. Nur die mittlere Schicht, die etwa zwei Drittel des Bodensatzes ausmacht, wird für Brauereizwecke weiterverwendet. Sie muß sorgfältig gewaschen und kühl aufbewahrt werden und wird für neue Gärungen später als Samenhefe verwendet. Pro Hektoliter vergorener Würze erzielt man etwa ein Liter Samenhefe aus der gewaschenen und geschlämmten Kernhefe. Bodenhefe und Oberzeug bezeichnet man als Abfallhefe.

In der Satzhefe der Bierbrauerei befinden sich 1. normale Hefezellen, 2. Zellen anderer Hefearten, »wilde Hefen« nennt man sie im Gärungsbetriebe, und fremde Organismen wie sonstige Sproßpilze, Zellen des Milchschimmels (Oidium), Bakterien usw., 3. tote Zellen, die sich im Gegensatz zu normalen lebenden Zellen leicht mit Methylenblaulösung 1 : 10 000 (wässerig) färben lassen. Auch Indigokarmin 1 : 30 ist brauchbar. Ferner finden sich im Bodensatz Eiweißgerinnsel, kugelige Glutinkörperchen aus dem Malz, die sich meist leicht in 10%iger Kalilauge auflösen lassen, sodann kommen noch Eiweißflocken, Kristalle von oxalsaurem Kalk, Hopfenharz und Zelltrümmer des Hopfens vor. Die Kristalle aus oxalsaurem Kalk stammen zum großen Teil aus dem Stoffwechsel der Hefe, zum Teil sind sie wohl aus der Würze ausgefallen. Eine genaue Übersicht und Anleitung zur Untersuchung der Hefe findet man bei Will (34) und Schnegg (35).

In der Stellhefe für das obergärige Weißbier (Weizenbier) finden sich regelmäßig Milchsäurebakterien, die dem

Weißbier sowohl teilweise den eigenartigen Geschmack, wie auch eine gewisse Haltbarkeit verschaffen helfen.

Die Mengen an Abfallhefe, die sich in den Brauereien ergeben, sind sehr groß. J. Peters (36) schätzte sie im Jahre 1898 auf jährlich 172 Mill. kg; die Brauereien Deutschlands ergeben nach Fr. Hayduck (37) jährlich etwa 70 Mill. kg, diejenigen Österreichs nach einer sicher zu niedrigen Schätzung Grafs (38) 10 Mill. kg, wovon etwa 10% Trockensubstanz sind.

III. Hefe als Rohstoff in der Technik. Die Bedeutung der Hefe in der Technik und als Rohstoff beruht 1. auf ihrem Gärvermögen, d. h. auf ihrem Enzymgehalt, 2. auf ihrem Vitamingehalt, 3. auf ihrem großen Eiweißreichtum und 4. auf ihrer Fähigkeit, in getrocknetem Zustand leicht zu vielen Anwendungen brauchbar zu sein.

Die Haupttätigkeit der Hefe beruht auf dem Besitz des von Buchner (39) entdeckten Zymaseenzymkomplexes, der Zucker in Alkohol und CO_2 spaltet. Die Herausschälung des Carboxylase enzymes aus dem Zymasekomplex durch Neuberg (40) und Karczag brachte dann die Entdeckung der Brenztraubensäure und die Klärung des Gärungsvorganges.

Für die Hefe sind außer der Zymase und der Karboxylase folgende Enzyme wichtig:

Invertin, Sucrase oder Saccharase für die Rohrzuckerspaltung,

Maltase für die Maltosespaltung,

Raffinase und Melibiase für die Spaltung des Trisaccharids Raffinose. Die biochemische Bestimmung der »Ober-« und »Unterhefe« kann mit einer gewissen Sicherheit durch die Raffinoseprobe erfolgen. Glykogenase spaltet den Hefenreservestoff Glykogen und ist bei der »Selbstgärung« der Hefe wichtig. Dextrinasen vergären Dextrine; solche Hefen erzeugen »weinige«, wenig schäumende Biere.

Von den eiweißspaltenden Enzymen ist die von L. Geret und M. Hahn (41) entdeckte Endotryptase zu erwähnen; dieses Enzym bewirkt in lagernder, wenig gekühlter Hefe die Selbstverdauung (42) der Hefe (Autolyse, Autodigestion).

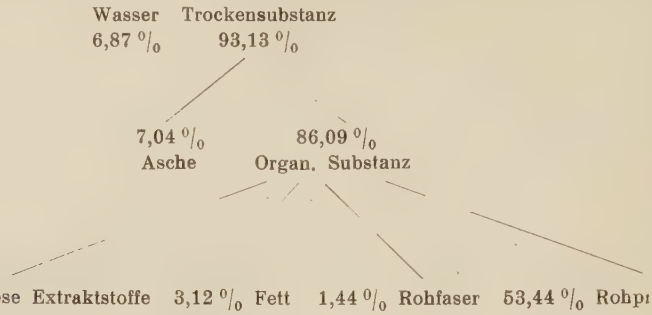
Reduzierende Enzyme (Reduktasen) bewirken z. B. Schwefelwasserstoff(43)bildung bei Gegenwart schwefelhaltiger Verbindungen, ferner die vieluntersuchte Methylenblauentfärbung. Fette werden durch Lipasen abgebaut. Wichtig ist die Tatsache, daß in Hefen eigentliche Amylasen (Diastasen) fehlen.

Die wichtigen synthetischen Enzyme der Hefe, die Phosphatesen (44), spielen bei der Bildung der Zuckerphosphorsäuren eine erhebliche Rolle.

IV. Hefenverwertung. Viehfutter, Nährhefe, Hefenerzeugung. Außer der Verwendung der Hefe zu Gärzwecken in der Brauerei, in der Brennerei, in der Weinbereitung und in der Bäckerei dient die Hefe noch zu folgenden Zwecken: 1. als Nahrungsmittel für Mensch und Tier, 2. als wichtiges Arzneimittel in der Medizin, 3. als Lieferant für Vitamine und Enzyme, 4. als Ausgangsmaterial für Hefenextrakt und zahlreiche Hefenpräparate und 5. als Rohstoff für technische Produkte nach dem Ernolithverfahren.

Die Verwendung als Viehfutter ist vielfach mit Erfolg untersucht und auch durchgeführt worden. Im Darmtrakt sterben die Hefen nicht ab, man vergleiche die Untersuchungen von Simanowsky (45), Schwanheuser (46), Neumayer (47), Tsuru (48), Nobécourt (49) und Kudo (50). Die zu verfütternde Hefe wird daher entweder durch Aufkochen getötet (Brucker, Pott (51), Steickel, J. ten Doornkat-Koolman (52), oder sie wird zu Trockenhefe verarbeitet, indem man sie z. B. nach dem englischen Patent 20 060 von 1893 auf einen Wassergehalt von 75 bis 80% bringt und sie dann durch enggestellte heiße Walzen hindurchgehen läßt und so in dünne, trockene Plättchen verwandelt. Die Zahl der Hefetrocknungssysteme ist sehr groß, ebenso der hier einschlägigen Patente, so daß schon aus Raummangel hier nicht darauf eingegangen werden kann. Ich verweise auf die Zusammenstellungen in der Wochenschrift für Brauerei, in der Zeitschrift für das gesamte Brauwesen und im chemischen Zentralblatt. Über die Verwertung der Hefe für die tierische Ernährung haben z. B. Renner (53), Baudrexel (54),

Schottelius (55) und insbesondere Völtz (56) und seine Mitarbeiter weitgehende Untersuchungen angestellt. Die Analyse einer von Völtz (57) und Baudrexel geprüften Trockenhefe ergab folgendes Resultat:



Als Verdauungskoeffizient ergab sich:

für die organische Substanz	90 %
für das Rohfett	70 %
für die Rohfaser	40 %
für das Rohprotein	86 %
für die N-freien Extraktstoffe	100 %

Bei der Verarbeitung der Bierhefe auf trockene Nahrungshefe erzielte man nach einer Berechnung F. Hayducks (58) im Jahre 1910 32 Mark für 100 kg Preßhefe von etwa 75 % Wassergehalt. Da die Verwendung derartiger Trockenhefe in der Küche sehr mannigfaltig ist, hat die Lehranstalt für Brauerei in Berlin schon im Jahre 1910 ein Hefenkochbuch herausgegeben. Auf die Cenovishefenpräparate sei in diesem Zusammenhange kurz hingewiesen.

Hefe, die (menschlichen) Nahrungszwecken nutzbar gemacht werden soll, muß natürlich entbittert werden. Der Entbitterung geht eine mechanische Reinigung durch Schlämmen und nasses Sieben vorher. Die Entbitterung wird bewirkt durch Waschen mit Alkalien, wie Soda, Ammoncarbonat, 0,1 % Essigsäure (J. Peters Patent 121 579. Chem. Zentralbl. 1901, II, 105) und durch Behandlung mit oxydierenden Mitteln, D. R. P. 245 038 vom Jahre 1910 und 248 561 vom Jahre 1912 der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei in Berlin.

Auf die zahllosen Verfahren zur Herstellung von Hefe kann hier nicht eingegangen werden. Ich verweise auf die Hand- und Lehrbücher von Kibby (59) und Durst (98).

Doch möchte ich folgende neueren Patente erwähnen: E. P. 145 623 von 20. 10. 1921, A. Wohl und S. Scherdell benützt Ammonsulfat als Stickstoffquelle, dazu D. R. P. 310 580. Torf zur Herstellung von Hefe verwendet Vasseux E. P. 147 581 vom 20. 10. 1921; Abwässer der Zuckerfabrikation benutzt Ö. P. 86051 vom 25. 10. 1921, E. Moeller; E. P. 174 625 von N. Muskowitz verwendet eine Torulahefe zur Hefengewinnung; dazu die E. P. 174 626 und 174 627. Rübensaft verwendet A. E. Vasseux im E.P. 23 154, Zusatz zu F. P. 508 953; ebenso verwendet Sailer im D. R. P. 355 596 Kl. 6a Rübensaft.

Von den Verfahren zur Herstellung von Trockenhefe erwähne ich z. B. das Patent (der Maschinenfabrik H. Griffenius, vorm. Simon, Bühler und Baumann) D.R.P. 345 357 Kl. 6a vom 9. 12. 1921. Hefe wird mit kolloider Kieselsäure überpudert, von Zeit zu Zeit gewendet; nach zehn Stunden ist sie trocken. Diese Hefe hält sich bei sterilem Arbeiten sehr lange. Ein umständlicheres Verfahren schlägt das französische Patent R. L. Corby F. P. 533 021 (siehe Chemisches Zentralblatt III. 172, 1922) ein. Abgepreßte Hefe wird mit Ammontartrat, Zucker und Phosphat versetzt, gewässert und gelüftet, dann abgepreßt, bei —4° C eingefroren, mit Weizenmehl oder bzw. und eventuell, um Feuchtwerden zu verhindern, mit Öl (3,5 kg Öl auf 45 kg Hefe) versetzt. Von älteren Patenten sei noch D. R. P. 262 045 vom 10. Februar 1912 der Dauerhefe-Gesellschaft in Berlin erwähnt. Nach diesem Patent wird Hefe mit Asparaginlösung vermischt und im kalten Luftstrom getrocknet.

Um das Reserveeiweiß der Hefe in Plasmaeiweiß überzuführen, lüftet Patent Ohlhaver 257 176 Kl. 6a die Hefe erst und schreitet dann zur Trocknung zu Trockenhefe.

V. Medizinische Verwendung der Hefe. Außer den Trockenhefen finden sich auch sog. Dauerhefen (Hefekonserven s. VIII) im Handel. Das bekannteste Beispiel ist die Azetondauerhefe von R. Albert, Ed. Buchner und R. Rapp (60) D. R. P. 135 535 vom Jahre 1901. Vorher hatte schon R. Albert (61) mit Alkohol und Äther eine Dauerhefe hergestellt.

Dauerhefenpräparate (vgl. Faex medicinalis = zahlreiche Hefenpräparate in Mercks Jahresberichten seit 1899) sind Hefanol (Azetondauerhefe), Furunkuline, Levurine, Levuretine, Levurinose (hergestellt von der Chem. Fabrik Blaes u. Co. in Lindau), Mycodermin, Rheol, Xerase, Bajuvarin, Fermentin. Nicht alle diese Präparate sind gärkräftig. Gärkräftig sind z. B. Zymin, Biozyme und Hefanol.

Furunkulin kommt als Paste und Pulver in den Handel und ist bei Erkrankung der weiblichen Organe wirksam. Xerase besteht aus Dauerhefe und Bolus, ist wirksam bei Fluor albus; Levurinose wird z. B. als Levurinoseseife bei Acne juvenilis und Furunkulose angewendet. Über Hefenseife siehe auch Dreuw (62). Die Heilkraft der Hefe war schon den Alten bekannt [Förster (63), Historisches zur medizinischen Verwendung]. Die Heilwirkung der Hefe beruht teils auf dem Enzym- und Vitamingehalt, teils auf Adsorptionskräften, teils auf bakteriziden Eigenschaften. Da aber auch völlig abgetötete Hefen sehr wirksam sein können, so beruht die Heilwirkung sicher z. T. auf dem hohen Gehalt der Hefe an Nukleinen und Nukleinsäuren. [Schwickerath (64); Schmoll (65).] Das Präparat Nukleogen (66) gehört in diese Gruppe. Von anderer Seite ist dem Hefenfett die eigentliche Heilwirkung zugeschrieben worden; ein Hefenfettpräparat ist Ceriol (67).

Das durch A. Ascoli (68) bemerkte Vorkommen von komplexem (maskiertem) Eisen im Hefennukleinsäuremolekül hat zu dem Versuch geführt, durch Züchten von Hefen auf eisenreichen Nährsubstraten Nukleinsäurepräparate mit einem hohen Gehalt anorganisch gebundenem und daher leicht resorbierbarem Eisen herzustellen. Hierher gehört das von der Baseler Chemischen Fabrik in den Handel gebrachte und von Cloetta (69) günstig beurteilte Ferratogen mit 1 % Eisen.

Da sich das aus der Hefe abgeschiedene Nuklein leicht mit frisch gefällten Metalloxyden verbindet, so erhält man mit Eisenoxyd das Präparat Ferrinol (6 % Eisen), mit anderen Metalloxyden erhält man die medizinisch verwendeten Präparate Cufrol (70) mit 6 % Kupfer, Mercurol (71) mit 10 % Quecksilber, Nargol (72) mit 10 % Silber, die auf Grund von Schwickeraths Patent (D. R. P. 118 650 vom Jahre 1899) von Parke, Davis u. Co. in Detroit hergestellt wurden. Ascolis Patent für Ferrinol stammt vom Jahre 1906 (D. R. P. 194 950).

Aus Hefe wurde ferner ein insulinartiges Präparat hergestellt. (Collip, Journ. Biolog. Chem. 57, 1923.)

In diesem Zusammenhang ist auch auf die von E. Vahl studierten Stoffe Metabolin und Antibolin hinzuweisen. Metabolin ist ein antidiabetischer und gärungsfördernder Körper (73).

VI. Düngerhefe. Wegen ihres hohen Gehaltes an Kali und leicht assi-

Asche in %	Durch Kochen mit Wasser in Lösung gebracht. % der Trockensubstanz					Asche	
	Anorg. P_2O_5	Gesamt P_2O_5	Organ. P_2O_5	CaO	MgO	P_2O_5 in der Asche in %	P_2O_5 in der Trockensubstanz in %
10,22	3,22	4,78	1,56	0,25	0,34	56,42	5,74
9,36	2,87	4,33	1,46	0,44	0,51	51,76	4,84
9,71	2,11	4,52	2,41	0,25	0,27	56,22	5,45
9,26	1,89	4,03	2,14	0,23	0,25	50,15	4,64
8,70	2,60	3,68	1,08	0,54	0,43	51,36	4,46

Es besteht also die Hälfte der Asche aus P_2O_5.

milierbarer Phosphorsäure findet Hefe, insbesondere Abfallhefe, Verwendung als Düngemittel. Eine spezialisierte Aschenanalyse nach Schönfeld (74) macht diese Verwertung der Hefe als Düngemittel verständlich (s. Tabelle S. 1117).

Als Düngehefe dienen die Abfallhefen und Rückstände der Hefenextraktfabrikation. Die Handelsmarken Plasmit, Protorex und Triterfex sind nach Lott (75) und Matthews durch Beigabe von Gips oder Kalk hergestellt. Auch andere Verfahren sind vorgeschlagen worden (76).

Eine bemerkenswerte Verwendungsart der Hefe liegt in dem Ernolithverfahren nach H. Blücher (77) und Krause vor. Nach diesem Verfahren wird Hefe aller Art mit Formaldehyd gehärtet, mit Blutalbumin versetzt, bei 60—120° gepreßt und zu Knöpfen, Platten, Klischés, Rahmen, Spieltellern wie eine hornartige Masse verarbeitet. Ernolith dient als Ersatz für Ebonit, Galalith, Zelluloid u. dgl.

Daß aus Abfallhefe auch Klebstoffe und Anstrichmittel hergestellt wurden und werden, sei nur kurz gestreift (78).

VII. Hefe in der Nahrungsmittelchemie, Hefenextrakte und Nährpräparate. In der Nahrungsmittelchemie spielen Hefenextrakte eine erhebliche Rolle, da sie ein wertvolles Eiweißmittel sind und als vollwertiger Ersatz für die teureren Fleischextrakte dienen. Die folgende vergleichende Analyse ist einer Arbeit von Sabalitschka (79) entnommen.

	Wasser %	N-substanz %	Fett %	N-freie Extraktstoffe %	Asche %
Hefenextrakt*)	37,6	18,4	1,6	22,4	20,00
Fleischextrakt	19,8	57,0	0,25	—	20,43

*) Hefenextrakt Zyma der Chem. Fabrik Zyma, Erlangen.

Über Hefenextrakt berichten von den älteren Arbeiten Heinzelmann (80), Aubry (81) und Brand. Für die Herstellung von Hefenextrakt kommen in der Hauptsache vier Verfahren in Betracht.

1. Auskochen mit Wasser, eventuell unter Druck (Hefenextrakt Zyma [Chem. Fabrik Zyma Erlangen], Ovos) oder bloßes Auslaugen mit Wasser oder Säuren, wie Salz-, Phosphor-, Wein-, Borsäure.

2. Das Plasmolyseverfahren, indem man Hefe mit Zucker, Gummi, Kochsalz, Chloroform, Äther, Toluol, Essigester u. a. behandelt. Hierher gehören Sivis und das alte »Obron« von L. Aubry. Ähnlich wie Plasmolyse wirkt Ausfrieren und nachfolgendes Auftauen.

3. Die enzymatische Methode baut das Hefeneiweiß der getöteten Zellen mit Pepsin oder Trypsin ab; die Hefenpräparate Bios und Eurostose gehören hierher. Overbeck (82) läßt die proteolytischen Enzyme der Malzkeime den Aufschluß bewirken (Präparat Carnos) und Denayer (83) verwendet die Proteasen von *Aspergillus oryzae* und *A. Wentii*.

4. Die Autolysemethode benutzt die eiweißspaltenden Enzyme der Hefe zur Extraktherstellung, indem man die Selbstverdauung durch die Hefenendotryptase herbeiführt [van Laer (84), Sullivan (85)]. Die lezteren Extrakte sollen am besten schmecken, namentlich wenn sie frei von Zusätzen sind. Einen durch Autolyse erzielten Hefenextrakt schlug O. Gürth (86) als Färbeextrakt zum Ersatz von Zuckercouleur vor. Auch Hopfen-Hefenextrakte wurden gewonnen (87).

Hefenextrakte stellen wegen ihrer Billigkeit, ihres hohen physiologischen Wertes als Eiweißsparer (88), ihres guten Geschmackes und Geruches einen vollwertigen Ersatz für Fleischextrakt dar. Die analytischen Unterschiede zwischen Hefenextrakt und Fleischextrakt sind folgende:

Fleischextrakt (89)		Hefenextrakt
ca. 10% Trockensubstanz (20% des Gesamt-N)	Kreatinin Kreatin	— —
Spur oder Nichts	Adenin	Viel
	Guanin	Viel
Reichlich Wenig	Hypoxanthin (90) Xanthin	Weniger als im Fleischextrakt
—	Hefengummi	Vorhanden

Zahlenmäßig:

	N %	Proteose %	Xanthinbasen %	Aminosäuren %	Kreatin %	Kreatinin %	Asche %	Kochsalz %
Rindfleischextrakt	11,82	0,55	0,88	8,37	3,32	3,16	20,9	2,47
Hefenextrakt	7,43	0,49	0,85	4,32	—	—	28,87	2,84

Durch den Nachweis von Hefengummi läßt sich Hefenextrakt im Fleischextrakt erkennen. Auf Grund dieses letzteren Merkmales konnten Bovos (89) und Sitogen (91) als Hefenextrakte erkannt werden; die unter dem Namen Karna vertriebenen Produkte bestehen hauptsächlich aus gesalzenem und mit Fett versetztem Hefenextrakt (92).

Die entbitterte Hefe ist der eigentliche Rohstoff für die Bereitung der Nährpräparate. Diese Nährpräparate bestehen entweder aus mehr oder minder veränderten Zellen oder Auszügen der Zellen. Diese Zellauszüge kommen als Hefenextrakt unter den verschiedensten Namen im Handel vor.

Die ersteren Verfahren sind einfacher. Wegener (93) röstet die Hefe schwach und imprägniert sie mit den beim Rösten entweichenden aromatischen Dämpfen, so daß er ein Kaffeesurrogat erhält. Andere Patente zur Erzielung von Hefe mit Röstaroma sind D. R. P. vom Jahre 1910 Nr. 244 285, vom Jahre 1912 Nr. 264 996 und vom Jahre 1913 Nr. 266 001 (Lehr- und Versuchsbrauerei in Berlin). Kleinschmidt (94) schmilzt Hefe mit Fett und Salz bei 150° zu einem aromatischen Butterersatz (Brotaufstrich) zusammen; als Speisemehl kam ein trockenes Gemisch von verflüssigter Hefe und verkleisterter Stärke in den Handel (95). Hefenzucker ist ein verflüssigtes, kondensmilchähnliches Gemisch von Hefe, Traubenzucker (96) und etwas Stärke, das durch Trocknen und Rösten aromatisch wird und ein der Schokolade oder dem Kaffee ähnliches Getränk zu liefern vermag. Auch Spinatkonserven wurde mit Erfolg vor dem Sterilisieren in Büchsen 10% Brauereihefe zugefügt (97).

VIII. Preßhefe und Bäckereihefe. Über die Herstellung von Preßhefe geben die Handbücher von Durst (98) und Kibby (99) Auskunft.

Preßhefe enthält im Durchschnitt 26 % Trockensubstanz und 74 % Wasser. Der Trockenrückstand besteht zu etwa einem Drittel aus Kohlenhydraten (Zellwand, Hefengummi, Glykogen usw.), zu einem Drittel aus stickstoffhaltigen Bestandteilen und zu etwa einem Drittel aus Fett, Asche usw. Die Farbe guter Preßhefe ist gelblichweiß bis gelblich; graue, graugelbe oder blau gewordene Hefe ist minderwertig. An Fremdkeimen in Preßhefe finden sich häufig *Oidium lactis*, Milchsäurebakterien (100), *Anomalus-* und *Mycoderma*-Arten. Weichwerden von Preßhefe bedeutet das Ende der Haltbarkeit (Autolyse durch Endotryptase). *Mycoderma*-Arten (und *Oidium*) weist man nach Henneberg (101) nach, indem man in eine flache Petrischale Hefe zu einer ebenen Schicht einpreßt. In kurzer Zeit vermehren sich die an der Oberfläche liegenden *Mycoderma*-Arten zu trockenen weißen Pustelkolonien. Auch die Tröpfchenkultur nach Lindner (102) läßt *Mycoderma* und *Oidium* leicht und rasch erkennen. Milchsäurebakterien finden sich häufig in Preßhefe, da man sie unter Umständen zusetzt, um einen Schutz vor Fäulniserregern zu haben. Weichwerden der Preßhefe deutet das Ende der Haltbarkeit infolge beginnender Selbstverdauung durch Endotryptase an.

Als Verfälschungen der Preßhefe gelten Stärkezusatz (103, Dafert und Kornauth, Jalowetz) und Bierhefe (104, A. Bau, Lindner).

Auch für Bäckereizwecke wurden Hefenkonserven hergestellt. Reinkes (105) Wunderhefe (magic yeast) in Gestalt dünner Scheiben enthielt Maisschrot als Zusatz. Will (106) berichtete über eine ähnliche Probe von Hefe, die in biskuitähnlichen Stücken von 5 : 30 cm Fläche und 1 cm Dicke im Handel war und sich gut bewährte. Für Segelschiffe auf langer Fahrt, für Heereszwecke usw. kommen derartige leicht versendbare Hefekonserven in Betracht.

Unter »Hefe« im engsten Sinne des Wortes versteht man Preßhefe, die als Bäckerhefe zur Teiggärung verwendet wird. In einigen Gegenden Süddeutschlands wird diese Hefe als »Germ« bezeichnet. Die Verwendung von Bierhefe zur Teigbereitung vollzog sich nicht ohne Schwierigkeit (107). In den älteren Zeiten diente obergärige Bierhefe als Bäckereihefe. Mit dem Übergang zur Herstellung untergäriger Biere (108) schwand den Bäckern die Möglichkeit des Bezuges obergäriger Hefe, und da sie die das Gebäck mißfarbig machende Unterhefe nicht brauchen konnten, entwickelte sich die Preßhefenfabrikation, d. h. ein Gewerbe, dem die Hefe nicht Abfall, sondern Hauptprodukt war. Die gepreßte Hefe war auch relativ weiter transportfähig, und so eroberte sie bald den Markt. Bei der Preßhefenfabrikation unterscheidet man das Wiener- oder Abschöpfverfahren und das Würze- oder Lüftungsverfahren. Über die Entwicklung der Hefefabrikation in Wien vgl. Schrohe (109) und Jalowetz (110).

IX. Literatur.

1. Guillermond, A., The Yeasts, New York und London (1920). Man vergleiche ferner
   Jörgensen, Die Mikroorganismen in der Gärungsindustrie. 5. Aufl. Berlin (1909).
   Klöcker, A., Gärungsorganismen.
   Schnegg, siehe 35.
   Kohl, Die Hefepilze. Leipzig (1908).
2. Chaborski, G., Recherches sur les levures thermophiles et cryophiles. Thèse Nr. 627. Genf, Botan. Inst. (1918).
3. Will, H., Ztrbl. f. Bakt. II. **46** (1916).
4. Klöcker, A., C. R. trav. labor. Carlsberg **11** (1917), 297.
5. Guggenheimer, R., Vergleichende morphologische und physiologische Untersuchungen an einigen Kulturen des sogenannten *Saccharomyces apiculatus* Reess. Diss. Techn. Hochsch. München (1913).

5a. Janke, A., Ztrbl. f. Bakt. II, **59** (1923), 309. S. a. Janke, A., Allgem. techn. Mikrobiologie (1924), I. Teil, 245.

5b. Berkhout, De Schimmelgeslachten *Monilia, Oidium, Oospora* en *Torula*, Diss. Utrecht 1923.

6. Leberle, Hans, Untersuchungen über die Gattung *Mycoderma*. Diss. Techn. Hochsch. München. Vgl. auch Will u. Leberle, Ztrbl. Bakt. II (1910), 28.
7. Lindner, P., Ber. bot. Ges. **34** (1916)
   Reukauf, Die Kleinwelt **3** (1911/12), 25.
   Uhlela, Ber. bot. Ges. **21** (1913), 129.
8. Buchner, P., Studien an intrazellulären Symbionten.
10. Kossowicz, A., Einführung in die Mykologie der Genußmittel und in die Gärungsphysiologie, Berlin (1911), 157.
11. Zickes, H., Ztrbl. Bakt. II, **61** (1924), 275.
12. Lindner, P., Wochenschr. f. Brauerei (1893).
13. Euler u. Lindner, Chemie der Hefe u. der alkoholischen Gärung. Leipzig (1915).
14. Henneberg, W., Bakteriol. Ztrbl. II, **44** (1916), 1.
15. Henneberg, W., ebda. **45** (1916), 50; auch Wochenschr. f. Brauerei **32** (1915).
16. Euler u. Fodor, Zs. f. phys. Chem. **72** (1911), 339; Dreyer, Zs. f. ges. Brauwes. **36** (1913), 201.
17. Salkowski, Zs. f. phys. Chem. **62** (1910), 466.
18. Jones u. Richards, Journ. Biol. Chem. **17** (1914), 71; Steudel u. Peiser, Zs. f. phys. Chem. **108** (1919), 42; Steudel u. Mitarb. ebda. **114**, **120**, **127**; Thannhauser u. Mitarb., Zs. f. phys. Chem. **91**, **95**, **100** u. **101**.
19. Kossel, Zs. f. phys. Chem. **3** (1879); **4** (1880).
20. Stutzer, Zs. f. phys. Chem. **6** (1882), 572.
21. Wroblewski, Journ. f. prakt. Chem. **172** (1901), 1.
22. Thomas, C. R. **156**, 2024; **157** (1913), 243.
23. Anade, Chem. Ztg. **41** (1917), 29.
24. Völtz, Wochenschr. f. Brau. **36** (1919), 43.
25. Meyer, D. Landw. Wochenbl. Provinz Sachsen, Nr. 45 (1916).
26. Fendler u. Borinski, Deutsche med. Wochenschr. **42**, 670.
27. Henneberg, Zs. f. Spiritus-Ind. **27** (1904), 193.
28. Hinsberg u. Roos, Zs. f. phys. Chem. **38** (1903), 1; **42** (1904), 189.
29. Will u. Lafars, Handbuch d. techn. Mykologie, 4. Bd.
30. Sedlmayr, Zs. f. d. ges. Brauwes. **26** (1903), 381.
31. Heinzelmann, Jahrb. D. Ver. d. Spiritusfabr. in Deutschland (1907), 35.
32. Henneberg, Zs. f. Spiritus-Ind. **27** (1904), 96, 298; **28** (1905), 1.
33. Will, Zs. f. ges. Brauwes. **21**—**27** (1896—1904).
34. Will, Anleitung zur biolog. Untersuch. u. Begutachtung von Bierwürze, Bierhefe usw. München (1909).
35. Schnegg, H., Das mikroskopische Praktikum des Bierbrauers, Stuttgart (1922).
36. Peters, Wochenschr. f Brauerei **15** (1898), 147.
37. Hayduck, F., Jahrb. d. Versuchs- u. Lehranstalt f. Brauerei in Berlin (1910).

38. Graf in Allg. Zeitschr. f. Bierbrauerei und Malzfabrikation **38** (1910), 372 und 523.
39. Buchner, E., Ber. Chem. Ges. **30** (1897), 117.
Buchner, E., Buchner, H. und M. Hahn, Die Zymasegärung, Berlin und München (1903).
40. Neuberg u. Karczag, Biochem. Zs. **36** (1911), 68 u. Neuberg u. Mitarbeiter in der biochem. Zs. in zahlreichen Arbeiten.
41. Geret u. Hahn, Ber. Chem. Ges. **31** (1898).
42. Salkowski, E., Zs. f. phys. Chem. **13** (1889), 506. Der Ausdruck Selbstverdauung stammt von Salkowski.
43. Will u. Wanderscheck. Zs. f. d. ges. Brauwes. **16** (1906). S. a. Chaborski (2).
44. Iwanoff, Zs. f. phys. Chem. **59** (1907), 281; Ztrbl. f. Bakt. II, **24** (1909), 1.
Euler u. Kullberg, Zs. f. phys. Chem. **74** (1911), 15 u. viele andere Arbeiten von Euler in der Zs. f. phys. Chem. S. a. Neuberg, Biochem. Zs.
45. Arch. f. Hygiene **4** (1886), 1.
46. Ztrbl. f. Bakt. 1. Abtlg. **9** (1891), 100.
47. Ztschr. f. d. ges. Brauwesen **13** (1890), 297; auch Diss. München (1890).
48. Wiener klin. Rundsch. (1909), Nr. 50.
49. La semaine médicale (1901), 9.
50. Biochem. Zs. **16** (1909), 221.
51. Pott, Die landw. Futtermittel (1898).
52. Wochenschr. f. Brauerei **20** (1903), 596.
53. Renner, Wochenschr. f. Brauerei **31** (1914), 473; **33** (1916), 143.
54. Baudrexel, ebda. **32** (1915), 299.
55. Schottelius, D. med. Woch., Nr. 28 (1915).
56. Völtz, Wochenschr. f. Brauerei **36** (1919), 42; **30** (1913), 165, 575; Biochem. Zs. **30**, **31** (1911); Landw. Jahrb. (1912), 193—254.
57. Völtz u. Baudrexel, Wochenschr. f. Brauerei **28** (1911), 85.
58. Hayduck, E., Jahresber. Versuchs- u. Lehrbrauerei Berlin **13** (1910), 388.
59. Kibby, Handb. der Preßhefenfabrikation, Braunschweig (1912).
60. Albert, Buchner u. Rapp, Ber. Chem. Ges. **35** (1902), 2376; D.R.P. 135 535 vom Jahr 1901.
61. Albert, Ber. Chem. Ges. **33** (1900), 3775.
62. Dreuw, Deutsche med. Wochenschr. **30** (1904), 991.
63. Förster, R., Wochenschr. f. Brauerei **30** (1913), 531.
64. Schwickerath, Chem. Ztrbl. 2 (1900), 653, D.R.P. 113 164 (1899).
65. Schmoll, Zs. öster. Apoth. Ver. **55** (1903), 799.
66. Pharm. Zeitung **45** (1900), 346.
67. Hinsberg u. Roos, Zs. f. phys. Chem. **38** (1903); **42** (1904). Vgl. ferner die Literatur in Merck's Jahresber. über Ceriol 1903 u. ff.
68. Ascoli, A., Zs. physiol. Chem. **28** (1899), 426.
69. Cloëtta, M., Münch. Med. Wochenschr. (1900), 760; Pharm. Zeitung **45** (1900), 434.
70. Merck's Jahresber. 1902 ff.
71. Ebenda 1901, 1904.
72. Ebenda 1902, 1904, 1905.
73. Vahl, E., Zs. f. phys. Chem. **133** (1919), 106.
74. Schönfeld, Wochenschr. f. Brauerei **29** (1912), 395.
75. Lott u. Matthews, Journ. Soc. Chem. Ind. **25** (1906), 566.
76. Backer u. Valentine, Engl. Pat. 9991 vom Jahre 1900.
77. Blücher u. Krause, Chem. Ztg. **39** (1915); D.R.P. 275 857 (1913) u. 289 597 (1915).
78. Beyer, Chem. Ztbl. **2** (1910) 612; D.R.P. 224 443 (1909).
79. Sabalitschka, Ber. Pharm. Ges. **32** (1922), 48.
Hefenextrakt Zyma der chem. Fabrik Zyma G. m. b. H., Erlangen.
80. Heinzelmann, Wochensch. Brau. **16** (1899), 307.
81. Aubry, Zs. ges. Brauwes. **22** (1899), 697; Brandt in: Lafar Handb. d. technischen Mykologie, 5. Bd. 122.
82. Overbeck, Chem. Ztrbl. (1900), I, 1008; D.R.P. 107 737.
83. Wochensch. Brau. **16** (1899), 308; Engl. Pat. Nr. 13 032 von 1898.
84. Laer, H. van, Chem. Ztrbl. (1901), I, 352; D.R.P. 117 303 von 1898.
85. Sullivan, Wochenschr. Brau. **16** (1898), 309.
86. Gürth, Zs. Untersuchg. Nahrungs- u. Genußmittel **26** (1913), 321.
87. Davidsohn u. Burra, Amer. P. 883 174 von 1908.
88. Wintgen, Pharm. Ztg. **50** (1905), 432.
89. Micko, Zs. Untersuchg. Nahrungs- und Genußmittel **5** (1902), 193; **6** (1903), 781; **7** 257; 8 225; Cook, F., Wochenschr. Brauerei **28** (1911), 32.
90. Kossel, Zs. phys. Chem. 8 (1884), 404; **10** (1886), 248.
91. Filsinger, Pharm. Ztrblatt. **42** (1901), 134; Beythien, ebda. (1901); Graff, ebda. (1904); Plahl ebda. (1906); Lott u. Matthews, Journ. Soc. Chem. Ind. **25** (1906), 566.
92. Micko, Zs. Unters. Nahr.- und Genußmittel **26** (1913), 321; Mansfeld, Zs. allg. österr. Apothekerverein **50** (1912), 616.
93. D.R.P. 108 707; Wegener (1908); Chem. Ztrbl. (1900), I, 1149.
94. D.R.P. 105 573 (1898); Chem. Ztrbl. (1900), I, 160.
95. D.R.P. 140 863 (1902); Chem. Ztrbl. (1903). I, 1012.
96. Siebel, Allg. Brauer- und Hopfenztg. **1** (1890), 1109.
97. Reinke, Wochenschr. f. Brauerei. **27** (1910), 581.
98. Durst, Handbuch der Preßhefefabrikation, 2. Aufl., Berlin (1896).

99. Kibby, W., Handb. der Preßhefefabrikation, Braunschweig (1912).

100. Henneberg, Zs. f. Spiritus-Ind. (1901, 1903, 1904); Beijerinck, ebda. **25** (1902), 531.

101. Henneberg, ebda. **26** (1903), 51.

102. Lindner, P., Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben. Mit Atlas. 6. Auflage. Vgl. auch: Henneberg, Gärungsbakteriologisches Praktikum. Berlin (1909).

103. Dafert u. Kornauth, Arch. f. Chemie und Mikroskopie **1** (1908), 1, Wien. Jalowetz, Zs. f. Spiritusindustrie **33** (1910), 567, 615.

104. Bau, Wochenschr. f. Brauerei **15** (1898), 389, Raffinose Methode. Lindner, Zs. Spiritus-Ind. **26** (1903), 229, **27** (1904), 156. Morphologische Merkmale.

105. Reinke, Wochenschr. Brau. **9** (1888), 1009.

106. Will, in Lafar, Handb. d. Techn. Mykologie **5**, Bd. 117.

107. Malouin, Descriptions et Détails des Arts du Meunier, du Vermicelier et du Boulenger. 2. Aufl. (1779).

108. Planitz, Zs. ges. Brauwes. **2** (1879), **13**. Geschichtliche Angaben.

109. Schrohe, Zs. f. Spiritus-Ind. **32** (1909), 280.

110. Jalowetz, ebda. **33** (1910), 287.

F. Boas.

DIE NATÜRLICHEN PFLANZENFAMILIEN

2., stark vermehrte und verbesserte Auflage

Unter Mitwirkung zahlreicher hervorragender Fachgelehrten

Herausgegeben von A. ENGLER

In etwa 27 Bänden gr. 8°.

Bisher erschienen:

Band VIII (Lichenes). Mit 545 Einzelbildern in 127 Abb., sowie dem Register zum 8. Bande. IV, 270 S. 1926 . . . . . 17.—
In Halbleder geb. mit Schutzhulse 23.—

Band X (Musci I). Mit 420 Abb. im Text. IV, 478 S. 1924 . . . . . 30.—
In Halbleder geb. mit Schutzhülse 36.—

Band XI (Musci II). Mit 376 Abb. im Text, sowie dem Register zum 10. und 11. Bande. IV, 542 S. 1925 . . . . . 34.—
In Halbleder geb. mit Schutzhülse 40.—

Band XIII (Gymnospermen). Mit 240 Abb. und 2 Vegetationsbildern im Text, sowie dem Register zum 13. Bande. IV, 447 S. 1926 . . . 28.—
In Halbleder geb. mit Schutzhülse 34.—

Band XIVa (Angiospermae). Kurze Erläuterung der Blüten- und Fortpflanzungsverhältnisse nebst Anhang. Mit 125 Abb. im Text. IV, 167 S. 1926 . . . . . 11.—
In Halbleder geb. mit Schutzhülse 17.—

Band XXI (Parietales und Opuntiales). Mit 288 Abb. im Text und 1 Tafel. IV, 660 S. 1925. . . . . 42.—
In Halbleder geb. mit Schutzhülse 48.—

Im Druck: Band III (Conjugatae, Chlorophyceae, Charophyta.)

DIE VEGETATION DER ERDE

Herausgegeben von A. ENGLER und O. DRUDE

I. **Willkomm,** Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der Iberischen Halbinsel. Mit 21 Textfig., 3 Heliogravüren und 2 Karten (XV, 395 S.) 10.—
In Leinen geb. 13.—

II. **Pax,** Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen. I. Abt. Mit 9 Textfig., 3 Heliogravüren und 1 Karte (VIII, 270 S.). . . . 9.—
In Leinen geb. 12.—

III. **Radde,** Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern. Mit 13 Textfig., 7 Heliogravüren und 3 Karten. (XII, 500 S.) . . . 19.—
In Leinen geb. 22.—

IV. **Beck von Mannagetta.** Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder, begreifend Südkroatien, die Quarnero-Inseln, Dalmatien, Bosnien und die Herzegowina, Montenegro, Nordalbanien, den Sandzak Novibazar und Serbien. Mit 6 Vollbildern, 18 Textfig. und 2 Karten (XV, 534 S.) (Vergriffen. 2. Aufl. in Vorbereitung)

V. **Graebner,** Die Heide Norddeutschlands und die sich anschließenden Formationen in biologischer Betrachtung. 2. Auflage. Mit 78 Abbildungen im Text und 1 Karte. (XXVI, 277 S.) . . . . . 20.—
In Leinen geb. 23.—

VI. **Drude,** Der herzynische Florenbezirk. Mit 5 Vollbildern, 16 Textfig. und 1 Karte. (XIX, 671 S.) . . . . . Nur in Leinen geb. 23.—

VII. **Diels,** Die Pflanzenwelt von Westaustralien südlich des Wendekreises. Mit 1 Vegetationskarte und 82 Textfig., sowie 34 Tafeln nach Originalaufnahmen von Dr. **E. Pritzel.** (XII, 413 S.). . . . 24.—
In Leinen geb. 27.—

VIII. **Reiche,** Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. Mit 35 Tafeln, 4 Textfig. und 2 Karten. (XIV, 368 S.) . . . . . 20.—
In Leinen geb. 23.—

IX. **Engler,** Die Pflanzenwelt Afrikas, insbesondere seiner tropischen Gebiete. Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Afrika und die Charakterpflanzen Afrikas.

1. Abteilung: Allgemeiner Überblick über die Pflanzenwelt Afrikas und ihre Existenzbedingungen. 1. Hälfte. Mit 404 Textfig., 20 Vollbildern und 5 Karten. (XXVIII, S. 1—478.) 2. Hälfte. Mit 304 Textfig. und 27 Vollbildern. (XII, S. 479—1029.) 2 Bände . . . . . 45.—
In Leinen geb. 51.—

2. Abteilung: Charakterpflanzen Afrikas (insbesondere des tropischen). Die Familien der afrikanischen Pflanzenwelt und ihre Bedeutung in derselben. 1. Die Pteridophyten, Gymnospermen und monokotyledonen Angiospermen. Mit 316 Textfig. und 16 Vollbildern (XI, 460 S.) . . . . . 18.—
In Leinen geb. 21.—

3. Abteilung: 1. Heft. Charakterpflanzen. 2. Die dikotyledonen Angiospermen Casuarinaceae bis Dichapetalaceae. Mit 401 Textfig. (IV, 869 S.) . . . . . 33.—
In Leinen geb. 36.—

3. Abteilung: 2. Heft. Charakterpflanzen. 2. Die dikotyledonen Angiospermen Euphorbiaceae, Sapindales bis Umfelliflorae (Schluß). Mit 338 Textfig. (VI, 878 S.) . . . . . 34.—
In Leinen geb. 37.—

5. Abteilung: 1. Heft. Ausführliche Schilderungen der Vegetationsverhältnisse des tropischen Afrika. 1. Teil: Die Übergangsprovinz des nordafrikanisch-indischen Wüstengebiets. Die sudanische Parksteppenprovinz von Senegambien bis zum Nilbecken. Übergangsbezirke im südlichen Teil des mittleren Sudan und an der Grenze des guineensischen Waldgebietes. Bezirke der westafrikanischen oder guineensischen Waldprovinz an der Grenze des Sudan. Nordostafrikanische und ostäquatoriale Hochland- und Steppenprovinz. Hochgebirge der zentralafrikanischen Unterprovinz und des zentralafrikanischen Zwischenseelandes. Mit 1 Karte (als Beilage) und 5 Kärtchen im Text. (XVI, 341 S.) . . 22.—
In Leinen geb. 25.—

X. **Pax,** Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen. 2. Abteilung. Mit 29 Textfig. und 1 Karte. (VIII, 321 S.) . . . . . 17.—
In Leinen geb. 20.—

XI. **Adamović,** Die Vegetationsverhältnisse der Balkanländer (Mösische Länder), umfassend Serbien, Altserbien, Bulgarien, Ostrumelien, Nordthrakien und Nordmazedonien. Mit 49 Vollbildern, 11 Textfig. und 6 Karten. Gedruckt mit Unterstützung der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften. (XVI, 567 S.) . . . . . 30.—
In Leinen geb. 33.—

XII. **Weberbauer,** Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden in ihren Grundzügen dargestellt. Mit 63 Textfig., 40 Vollb. u. 2 Kart. (XII, 355 S.) 20.—
In Leinen geb. 23.—

XIII. **Harshberger,** Phytogeographic Survey of North America. With 32 fig. in the text, 18 plates and 1 map. Mit einer kurzgefaßten deutschen Inhaltsübersicht von **O. Drude.** (LXIII, 790 S.) . . . . 40.—
In Leinen geb. 43.—

XIV. **Cockayne,** The Vegetation of New Zealand. With 2 maps, 65 plates and 13 figures in the text. (XXII, 364 S.)
(Vergriffen. 2. Aufl. in Vorbereitung)

XV. **Herzog,** Die Pflanzenwelt der bolivischen Anden und ihres östlichen Vorlandes. Mit 25 Textfig. und 3 Karten. (X, 244 S.) . . . . . 15.—
In Leinen geb. 18.—